

Міністерство освіти і науки України
Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника
Факультет природничих наук
Кафедра лісового і аграрного менеджменту

ДИПЛОМНА РОБОТА

магістр

(освітній рівень)

на тему **«СУЧАСНИЙ СТАН І ПРОДУКТИВНІСТЬ
БУКОСМЕРЕКОВИХ НАСАДЖЕНЬ У ФІЛІЇ «НАДВІРНЯНСЬКЕ ЛГ»
ДСГП УКРАЇНИ»**

Виконав студент II курсу, групи ЛГ-2м

спеціальності 205 «Лісове господарство»

Ратич О.Я.

(прізвище та ініціали студента)

Керівник Коляджин І.Ф.

(прізвище та ініціали)

Рецензент _____

(прізвище та ініціали)

Івано-Франківськ 2024

ЗМІСТ

ВСТУП	3
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВИВЧЕННЯ СТАНУ І ПРОДУКТИВНОСТІ ЛІСОВИХ НАСАДЖЕНЬ	8
1.1. Лісова екосистема як складний природний комплекс	8
1.2. Біологічні та екологічні характеристики буковосмерекових насаджень	12
1.3. Сучасні методи оцінки продуктивності лісових насаджень	17
1.4. Фактори, що впливають на стан і продуктивність буковосмерекових насаджень	22
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ СТАНУ БУКОВОСМЕРЕКОВИХ НАСАДЖЕНЬ У ФІЛІЇ «НАДВІРНЯНСЬКЕ ЛГ»	27
2.1. Огляд природно-кліматичних умов регіону	27
2.2. Особливості структури та вікових показників насаджень	31
2.3. Динаміка розвитку насаджень: зміна площ і вікової структури	35
2.4. Вплив лісогосподарської діяльності на стан насаджень	40
РОЗДІЛ 3. ПРОДУКТИВНІСТЬ БУКОВОСМЕРЕКОВИХ НАСАДЖЕНЬ У ФІЛІЇ «НАДВІРНЯНСЬКЕ ЛГ»	45
3.1. Оцінка продуктивності насаджень за запасом деревини	45
3.2. Аналіз росту і розвитку деревостану в залежності від лісівничих заходів	50
3.3. Вплив хвороб, шкідників та природних факторів на продуктивність насаджень	53
3.4. Рекомендації щодо підвищення продуктивності насаджень	57
ВИСНОВКИ	60
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	64

ВСТУП

Актуальність дослідження. Історичний розвиток та створення буково-смерекових насаджень у філії «Надвірнянське ЛГ» було сформовано низкою стратегічних лісогосподарських ініціатив, спрямованих на підвищення як біорізноманіття, так і виробництва деревини. Ці плантації систематично вирощувалися в середині 20-го століття як частина зусиль по боротьбі з ерозією ґрунту та стабілізації місцевої екосистеми. Вибір бука та ялини був обдуманим, оскільки ці породи добре пристосовані до кліматичних умов регіону та типу ґрунтів. Протягом багатьох років плантації еволюціонували через фази розширення та вдосконалення, адаптуючись до прогресу в методах управління лісовим господарством. Інтеграція наукових досліджень і традиційних знань зіграла ключову роль у їх створенні, забезпечивши стале зростання та стійкість до викликів навколишнього середовища.

Значення буково-смерекових насаджень у Державній аграрній службі України виходить за межі їхнього економічного внеску та включає екологічні та соціальні переваги. Ці плантації є життєво важливими для підтримки екологічного балансу, забезпечення середовища проживання різноманітних видів і сприяння зусиллям по поглинанню вуглецю. Економічно вони підтримують лісову промисловість, постачаючи високоякісну деревину, яка користується попитом для будівництва, виробництва меблів і паперу. Крім того, плантації відіграють важливу роль у розвитку сільської місцевості, пропонуючи можливості працевлаштування та стимулюючи місцеву економіку. Їхня роль у збереженні навколишнього середовища та забезпеченні ресурсами підкреслює їхню важливість у Державній аграрній службі, відзначаючи їх як ключові активи в лісовому секторі України.

В даний час географічний розподіл і масштаби буково-смерекових насаджень у «Надвірнянському ЛГ» характеризуються їх присутністю на різноманітних рельєфах, що відображає стратегічне розміщення для максимізації екологічних і продуктивних переваг. Ці плантації охоплюють

значні ділянки землі, часто розташовані в районах з оптимальною висотою та ґрунтовими умовами, сприятливими для росту бука та ялини. Просторове розташування насаджень розроблено для посилення зв'язків між лісовими територіями, сприяючи створенню екологічних коридорів, які підтримують пересування дикої природи та генетичний обмін. Масштаби цих насаджень не лише підкреслюють їхню роль у регіональній практиці лісового господарства, але й підкреслюють їхній внесок у ширші цілі управління ландшафтом.

Склад і якість ґрунту є основними факторами, що впливають на ріст і продуктивність буково-смерекових насаджень філії «Надвірнянське ЛГ». Регіон характеризується різноманітністю типів ґрунтів, включаючи суглинисті та піщані ґрунти, які суттєво впливають на доступність поживних речовин для насаджень. Суглинисті ґрунти, відомі своєю родючістю, забезпечують ідеальне середовище для розвитку коренів і утримання води, таким чином сприяючи міцному росту дерев. Навпаки, піщані ґрунти створюють проблеми через низький вміст поживних речовин і погану здатність утримувати воду. Отже, управління цими плантаціями вимагає стратегічних методів покращення ґрунту для забезпечення оптимальних умов росту. Усуваючи притаманні обмеження піщаних ґрунтів за допомогою таких втручань, як додавання органічної речовини та контрольоване зрошення, можна значно підвищити продуктивність буково-смерекових плантацій.

Кліматичні умови Надвірнянського району відіграють важливу роль у визначенні продуктивності буково-смерекових насаджень. У цьому регіоні помірний клімат з виразними сезонними коливаннями, які впливають на моделі росту дерев. У весняно-літні місяці помірна температура і велика кількість опадів створюють сприятливі умови для розвитку дерев, що сприяє підвищенню продуктивності. Однак суворі зими, які характеризуються низькими температурами та сильними снігопадами, створюють проблему, обмежуючи період росту та потенційно завдаючи шкоди молодим деревам. Для пом'якшення цих проблем необхідні адаптивні стратегії управління, такі

як вибір морозостійких сортів дерев і впровадження захисних заходів від екстремальних погодних явищ. Ці стратегії допомагають гарантувати, що плантації зберігають свою продуктивність, незважаючи на кліматичні негаразди.

Біорізноманіття буково-смерекових екосистем філії Надвірнянського ЛГ є критичною складовою їх екологічного здоров'я та продуктивності. Ці плантації підтримують широкий спектр видів рослин і тварин, сприяючи збалансованій і стійкій екосистемі. Наявність різноманітної флори, включаючи рослинність підліску та інші види дерев, підвищує родючість ґрунту завдяки природному кругообігу поживних речовин і забезпечує середовище існування для різноманітних диких тварин. Це біорізноманіття не тільки підтримує екологічну функціональність насаджень, але й захищає від шкідників і хвороб, тим самим сприяючи сталому росту дерев. Збереження та розширення біорізноманіття за допомогою методів збереження, таких як збереження природних середовищ існування та сприяння різноманітності видів, має важливе значення для довгострокової продуктивності та здоров'я буково-смерекових насаджень.

Мета дослідження: аналіз стану, продуктивності та розвитку буковосмерекових насаджень у філії «Надвірнянське ЛГ» з метою визначення ключових факторів, що впливають на їхню продуктивність, та розробки рекомендацій для підвищення ефективності лісогосподарської діяльності.

Об'єкт дослідження: буковосмерекові насадження у філії «Надвірнянське ЛГ».

Предмет дослідження: стан, продуктивність та розвиток буковосмерекових насаджень у контексті лісогосподарської діяльності, природних факторів та впливу хвороб і шкідників.

Завдання дослідження:

- Вивчити біологічні та екологічні характеристики буковосмерекових насаджень.

- Проаналізувати природно-кліматичні умови регіону та їхній вплив на стан насаджень.
- Оцінити сучасні методи визначення продуктивності лісових насаджень.
- Провести аналіз стану та розвитку насаджень у філії «Надвірнянське ЛГ».
- Дослідити вплив хвороб, шкідників та природних факторів на продуктивність насаджень.
- Розробити рекомендації щодо підвищення продуктивності буковосмерекових насаджень.

Методи дослідження:

- **Аналіз літературних джерел** - для теоретичного обґрунтування питань, пов'язаних із станом та продуктивністю лісових насаджень.
- **Методи польових досліджень** - для оцінки стану насаджень та їхньої продуктивності.
- **Методи статистичного аналізу** - для обробки отриманих даних про вікові структури, площі та запаси деревини.
- **Спостереження** - для оцінки впливу лісогосподарської діяльності, хвороб і шкідників на продуктивність насаджень.

Теоретична значущість дослідження: робота розширює знання про вплив природно-кліматичних, біологічних та антропогенних факторів на стан і продуктивність буковосмерекових насаджень. Вивчення динаміки розвитку лісових масивів та методів їхньої оцінки може стати основою для подальших досліджень у галузі лісівництва.

Практична значущість дослідження: на основі результатів дослідження розроблено рекомендації щодо підвищення продуктивності буковосмерекових насаджень, які можуть бути застосовані для оптимізації лісогосподарської діяльності. Також результати можуть бути корисними для вдосконалення методик лісового господарства у подібних природно-кліматичних умовах.

Наукова новизна дослідження: у дослідженні вперше проведено комплексний аналіз продуктивності буковосмерекових насаджень у філії «Надвірнянське ЛГ» з урахуванням впливу природно-кліматичних умов, хвороб, шкідників та лісівничих заходів. Розроблено рекомендації для підвищення ефективності управління лісовими ресурсами.

Практичне значення отриманих результатів: результати дослідження можуть бути використані для покращення лісогосподарської діяльності, підвищення продуктивності лісових насаджень, а також для розробки ефективних методик оцінки стану лісових ресурсів.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВИВЧЕННЯ СТАНУ І ПРОДУКТИВНОСТІ ЛІСОВИХ НАСАДЖЕНЬ

1.1. Лісова екосистема як складний природний комплекс

Ліси відіграють ключову роль у підтримці глобального біорізноманіття, слугуючи середовищем проживання значної частини світових видів. Вони є домом для надзвичайного розмаїття життя, включаючи 80 відсотків видів земноводних, 75 відсотків видів птахів і 68 відсотків видів ссавців, що підкреслює їх критичну важливість у підтримці глобального біорізноманіття. Це величезне біорізноманіття підтримується структурною складністю лісових екосистем, яка зростає в міру просування від бореальних регіонів до екватора, створюючи різноманітні мікроклімати, ніші та середовища існування, які сприяють різноманітності видів.

Різноманітність лісів не обмежується макрорівнем; підлісок також підтримує багате різноманіття рослин, хребетних, безхребетних, грибів і мікробів, усі з яких необхідні для надання екосистемних послуг. Крім того, збереження та стале управління лісами є найважливішими для збереження цього біорізноманіття, оскільки вони сприяють досягненню цілей міжнародного розвитку, спрямованих на збереження біорізноманіття. Тому, щоб підтримувати та збільшувати внесок лісів у глобальне біорізноманіття, необхідні цілеспрямовані зусилля щодо збереження та практики сталого управління, які гарантують, що ці живі екосистеми продовжуватимуть підтримувати безліч форм життя, які залежать від них [26,с.139].

На додаток до величезної різноманітності деревних порід, вікова структура в межах лісу є вирішальним показником його здоров'я, причому присутність як молодих, так і старих дерев відображає динамічну та стійку екосистему. Це різноманіття у віці не тільки підтримує різні взаємодії рослин і тварин, але й забезпечує безперервне відновлення та адаптацію, ще більше посилюючи роль лісу як гарячої точки біорізноманіття. Багатий підлісок із кущів, трав і квітів доповнює це вікове різноманіття, забезпечуючи місця

проживання та джерела їжі для широкого спектру видів тварин, тим самим сприяючи міцній екологічній мережі всередині лісу.

Крім того, наявність мертвої деревини відіграє ключову роль у підтримці здоров'я лісу, слугуючи середовищем існування та субстратом для сапроксильних організмів, таких як гриби та безхребетні, що бурять деревину, які є життєво важливими для процесу розкладання. Розкладання мертвої деревини повертає необхідні поживні речовини в ґрунт, сприяючи новому росту та підтримуючи екологічний баланс. Таким чином, моніторинг цих ключових видів і структурних елементів пропонує зрозуміти здоров'я та сталість лісових екосистем, підкреслюючи необхідність стратегій збереження, які зберігають ці важливі компоненти.

Біорізноманіття значно підвищує стійкість лісових екосистем, підтримуючи широкий спектр форм життя, які сприяють стабільності та адаптивності цих середовищ. Ліси, як резервуари генетичного різноманіття, є ключовими для адаптації видів до змін навколишнього середовища, тим самим зберігаючи стійкість екосистеми. Складна мережа життя в лісових екосистемах, що охоплює рослини, трав'янистих, м'ясоїдних і розкладачів, забезпечує підтримку екологічної рівноваги та безперервного циклу життя, що є життєво важливим для стабільності та стійкості екосистеми [19,с.16].

Крім того, наявність різноманітних функціональних видів у лісах підвищує їх стійкість до незначних порушень, оскільки надмірність серед цих видів дозволяє екосистемі поглинати зміни без значної втрати функцій. Взаємозв'язок біорізноманіття лісів додатково ілюструється роллю, яку різноманітні види відіграють у важливих процесах, таких як запилення та розповсюдження насіння, які мають вирішальне значення для регенерації та стійкості лісових екосистем. Це різноманіття не тільки дозволяє лісам надавати більш широкий спектр товарів і послуг, але й дає їм можливість протистояти різним навантаженням на навколишнє середовище та збуренню та відновлюватися після них. Тому збереження та належне управління лісовим

біорізноманіттям є обов'язковими для підтримки загальної стабільності та стійкості лісових екосистем.

У лісових екосистемах взаємодія між флорою та фауною є складною та життєво важливою для здоров'я та стійкості екосистеми. Флора, насамперед через рослини, забезпечує необхідні ресурси, такі як їжа та середовище існування для різноманітної фауни, створюючи базову систему підтримки в цих середовищах. Ця взаємодія не є односторонньою; фауна відіграє ключову роль у допомозі репродуктивним процесам рослин, сприяючи запиленню та розповсюдженню насіння, які є вирішальними для розмноження рослин і генетичного різноманіття. Ця взаємна залежність забезпечує процвітання як флори, так і фауни, сприяючи стабільності та стійкості екосистеми.

Крім того, ці взаємодії виходять за межі прямих відносин. Наприклад, певні рослини можуть забезпечувати ненавмисний захист саджанців дерев від травоядних тварин, сприяючи росту майбутніх поколінь лісу. Загалом, складні та взаємозалежні відносини між флорою та фауною є важливими для підтримки балансу та функціональності лісових екосистем, і будь-яке порушення цих взаємодій, наприклад через діяльність людини, може призвести до значних екологічних наслідків. Тому розуміння та збереження цих природних взаємодій має вирішальне значення для збереження здоров'я та стійкості лісових екосистем [3,с.27].

Абіотичні чинники є основними детермінантами динаміки лісових екосистем, впливаючи як на структуру, так і на функції цих різноманітних біологічних спільнот. Серед найбільш критичних абіотичних впливів є кліматичні фактори, такі як температура та опади, які мають важливе значення для формування загальної структури та функції екосистеми. Ці кліматичні змінні не тільки визначають географічний розподіл типів лісу, але й впливають на сезонні закономірності накопичення біомаси через вплив на фотосинтез і цикли росту.

Крім того, едафічні фактори, які охоплюють такі характеристики ґрунту, як рН, доступність поживних речовин і вміст вологи, значно впливають на популяції організмів у лісових екосистемах, впливаючи на ріст рослин і видовий склад. Складна взаємодія між цими кліматичними та едафічними факторами створює унікальні виклики та можливості для управління лісами, що вимагає адаптивних стратегій, які враховують як історичні, так і поточні абіотичні умови. Розуміння цих складних взаємозв'язків має важливе значення для підтримки здоров'я лісу та забезпечення стійкості лісових екосистем перед обличчям змін навколишнього середовища.

Крім того, що вони служать індикаторами здоров'я лісу, різноманітний видовий склад і структурна складність лісових екосистем відіграють вирішальну роль у кругообігу вуглецю та регулюванні клімату. Ліси є невід'ємною частиною кругообігу вуглецю, діючи як основні поглиначі вуглецю в процесі фотосинтезу, за допомогою якого вони поглинають вуглекислий газ з атмосфери та зберігають його в біомасі, ґрунті та рослинності. Це поглинання вуглекислого газу в атмосфері є життєво важливим для пом'якшення зміни клімату шляхом зменшення концентрації парникових газів, таким чином стабілізуючи клімат [16,с.92].

Крім того, стабільність і стійкість лісових екосистем суттєво залежать від їхнього біорізноманіття, що підвищує їх здатність регулювати місцевий і регіональний клімат, включаючи вплив на температуру, вологість і режим опадів. Втрата або деградація лісів порушує ці процеси, що призводить до збільшення викидів парникових газів і значно сприяє зміні клімату. Таким чином, підтримка та відновлення лісових екосистем має важливе значення не лише для збереження біорізноманіття та здоров'я екосистем, але й для їх критичної функції в регулюванні клімату та глобальному циклі вуглецю.

1.2. Біологічні та екологічні характеристики буковосмерекових насаджень

На особливості росту бука та ялини в змішаних насадженнях помітно впливають як міжвидові взаємодії, так і екологічні фактори. Докази свідчать про те, що змішані насадження, що містять як бук, так і ялину, отримують переваги від посиленого росту завдяки покращеним рівням індексу дерев (TI), де букові дерева показали приріст на 34 м³ (5,5%), а ялини - 56 м³ (6,1%) у віці 100 років. Такі прирости росту вказують на позитивну реакцію на умови, створені насадженнями змішаних видів, які можуть пом'якшити несприятливі наслідки, такі як ті, що спричинені посухою, порівняно з моновидовими насадженнями.

Крім того, наявність змішаних порід може суттєво змінити ріст і динаміку продуктивності окремих дерев, оскільки взаємодія між буком і ялиною оптимізує розподіл ресурсів і ефективність росту. Ця взаємодія має важливе значення для стратегій управління лісами, зосереджених на максимальному зростанні та стабільності в умовах мінливості клімату. Отже, розуміння та використання цих моделей росту може призвести до більш стійких і продуктивних лісових екосистем, що вимагає цілеспрямованих заходів для оптимізації поєднання видів і структури насаджень для покращення результатів росту.

Взаємодія між буком і ялиною з точки зору поглинання поживних речовин розкриває складну взаємодію, яка виходить за межі простих показників росту. Динаміка розкладання в мішках для сміття змішаних видів показує, що вивільнення таких поживних речовин, як органічний вуглець (Corg), загальний азот (Ntot), фосфор (P), сірка (S) і кальцій (Ca) прискорюється в перший рік розкладання. Це свідчить про синергетичний зв'язок, який покращує кругообіг поживних речовин, що має вирішальне значення для підтримки приросту росту, що спостерігається на змішаних насадженнях. Однак варіабельність швидкості розкладання на бідних

поживними речовинами ділянках, таких як Фраушерек, вказує на те, що умови навколишнього середовища значно впливають на ці взаємодії [30,с.201].

Незважаючи на ці складнощі, співвідношення поглинання поживних речовин для вуглецю та азоту (C/N) подібне для обох видів, що свідчить про те, що немає обмежень мікробного вуглецю порівняно з азотом і що бук і ялина порівнянно інвестують у поглинання поживних речовин. Ця порівнянна стратегія поглинання поживних речовин у поєднанні з покращеним виділенням поживних речовин у змішаних насадженнях підкреслює потенціал плантацій змішаних видів для оптимізації використання поживних речовин. Щоб повною мірою використовувати ці взаємодії, під час ведення лісового господарства слід враховувати специфічні умови, які можуть впливати на розкладання та динаміку поживних речовин, таким чином сприяючи сталому зростанню змішаних насаджень бука та ялини.

У середовищі змішаних лісів стійкість бука та ялини до хвороб залежить від складної взаємодії екологічних та біологічних факторів, які включають властивості місця та видову ідентичність. Листяні дерева бука виявляють вищу посухостійкість порівняно зі смерекою, що сприяє стійкості змішаних насаджень, де співіснують ці породи. Ця властивість посухостійкості не тільки підтримує бук у періоди дефіциту води, але й підвищує загальну стабільність змішаних лісів шляхом пом'якшення стресових умов, які можуть посилити поширення патогенів. Незважаючи на ці переваги, сприйнятливість ялини до таких захворювань, як хвороба листя бука (BLD), спричинена нематодою *Litylenchus crenatae*, становить проблему в змішаних середовищах, особливо через швидке поширення хвороби без перешкод через схил, рельєф або умови ґрунту. Інтеграція бука в місцях, де переважає ялина, може стати буфером проти таких спалахів, підтримуючи більш різноманітне мікробне співтовариство, яке може сприяти придушенню захворювань [37,с.71]. Однак для реалізації таких переваг методи управління

лісами повинні зосереджуватися на підтримці різноманіття видів і сприятливим умовам, які підтримують природну стійкість цих змішаних насаджень. Таким чином, проактивні заходи, включаючи моніторинг і управління розповсюдженням патогенів і покращення екологічних умов, сприятливих для стійкості бука до посухи, є критично важливими для підтримки здоров'я та продуктивності змішаних буково-смерекових лісів.

Таблиця 1.1

Біологічні та екологічні характеристики буковосмерекових насаджень

Характеристика	Опис	Вплив на екосистему
Основні породи дерев	Букові дерева (<i>Fagus sylvatica</i>) та ялина (<i>Picea abies</i>)	Формують основу лісових насаджень, забезпечують біорізноманіття та стабільність екосистем
Поширення	Гірські райони Європи, зокрема Карпати, Альпи, та інші гірські масиви, з помірним кліматом	Займають ключову роль у стабільності ґрунтів і регулюванні водного режиму
Тип ґрунтів	Багаті на гумус, глинисті або піщано-глинисті ґрунти	Підтримують збереження ґрунтової структури та сприяють накопиченню органічних речовин
Кліматичні умови	Помірний клімат, з вологими літами та м'якими зимами	Сприяють росту дерев, підтримують стабільність екосистеми завдяки збереженню вологи
Біорізноманіття	Високий рівень біорізноманіття – різні види рослин, комах, птахів, ссавців	Підтримують екосистемні процеси, зокрема кругообіг поживних речовин
Роль у вуглецевому циклі	Ліси виконують функцію "вуглецевих резервуарів", абсорбуючи значну кількість CO ₂	Сприяють зниженню глобального потепління завдяки поглинанню вуглецю
Екологічні функції	Регуляція водного балансу, захист від ерозії, збереження стабільності ґрунтів, зниження ризику паводків	Покращують якість води, запобігають втратам ґрунту, створюють сприятливе середовище для життя
Рекреаційна та економічна цінність	Ліси мають високу рекреаційну та економічну цінність: використання деревини, екотуризм, збирання грибів та ягід	Сприяють розвитку економіки регіонів через раціональне використання лісових ресурсів

Буковосмерекові насадження є важливою складовою гірських екосистем Європи. Вони характеризуються високим біорізноманіттям, стійкістю до кліматичних коливань та мають значний вплив на регуляцію

водного режиму та збереження ґрунтів. Основні породи дерев - бук та ялина - формують міцну основу цих лісів, а їх здатність утримувати вуглець робить їх важливими в контексті боротьби з глобальним потеплінням. Екологічні функції цих насаджень включають запобігання ерозії та захист водних ресурсів, що робить їх незамінними для підтримання екологічної рівноваги в гірських регіонах.

Буково-смерекові насадження можуть суттєво впливати на місцеве біорізноманіття, змінюючи склад та взаємодію всередині лісових екосистем. У той час як насадження змішаних деревних порід, як-от буково-ялинові суміші, загалом підтримують більшу біорізноманітність порівняно з монокультурами, вони також створюють проблеми, коли включають немісцеві види, такі як ялина звичайна. Інтродукція немісцевої європейської ялини в ці насадження може призвести до конкурентної динаміки, яка може випередити місцеві види, тим самим зменшуючи місцеве біорізноманіття. Ця конкуренція не тільки впливає на надземні рослинні угруповання, але й поширюється під землею, де зміни в угрупованнях мікроорганізмів можуть додатково впливати на процеси екосистеми та біорізноманіття.

Крім того, вплив буково-ялинових сумішей на біорізноманіття неоднаковий і може змінюватися залежно від умов місця. Наприклад, домішка бука може посилити ріст ялини на бідніших ділянках, тоді як ялина може принести користь буку на більш оптимальних ділянках, що свідчить про складну взаємодію взаємної вигоди та конкуренції. Ця динаміка підкреслює необхідність ретельного розгляду практики управління лісами, підкреслюючи важливість інтеграції місцевих видів і збереження природної рослинності для кращої підтримки біорізноманіття. Таким чином, хоча буково-смерекові насадження пропонують певні екологічні переваги, їх довгостроковий вплив на місцеве біорізноманіття потребує ретельного вивчення для забезпечення сталого управління лісами [44,с.119].

Вплив насаджень на склад та здоров'я ґрунту тісно пов'язаний із типом висаджуваних видів, про що свідчать відмінності, що спостерігаються у

властивостях ґрунту, пов'язаних із насадженнями *L. principis-rupprechtii* та *P. crassifolia*. Ці плантації, зокрема, призводять до дрібнішого розподілу частинок верхнього шару ґрунту, що характеризується підвищеним вмістом глини та зменшенням вмісту піску. Цей зсув у розподілі частинок за розміром тісно пов'язаний із збільшенням вмісту органічного вуглецю в ґрунті, що має ключове значення для підтримки здоров'я ґрунту та полегшення перетворення органічного вуглецю.

Збільшення вмісту глини та дрібніших частинок ґрунту позитивно сприяють здатності ґрунту утримувати поживні речовини, хоча вони можуть одночасно створювати проблеми для проникності та мікробного розкладання органічного вуглецю. Крім того, збагачений вміст поживних речовин у плантаціях *L. principis-rupprechtii* та *P. crassifolia* порівняно з *P. tabuliformis* вказує на суттєві покращення профілю поживних речовин у верхньому шарі ґрунту.

Це покращення поживних речовин і структури ґрунту не тільки впливає на фізичні та хімічні властивості ґрунту, але також має значні наслідки для біологічного складу, наприклад, різноманітності та структури спільноти ґрунтових мікроорганізмів. Взаємозв'язок цих факторів підкреслює необхідність цілеспрямованих стратегій плантації, які оптимізують здоров'я ґрунту шляхом врахування специфічного впливу видів на склад ґрунту та функціонування екосистеми. Реалізація таких стратегій може покращити кругообіг поживних речовин, збереження води та загальну родючість ґрунту, таким чином сприяючи сталим практикам управління земельними ресурсами [60,c.9].

Вплив насаджень на мікрокліматичні умови глибоко пов'язаний з практикою лісогосподарювання та структурним складом лісового пологу. Інтенсивність видалення дерев і обробка, що застосовується, може суттєво змінити мікрокліматичні змінні, такі як температура повітря та відносна вологість, шляхом зміни структури верхнього ярусу. Ця зміна структури пологу впливає на буферну здатність лісу проти зовнішніх кліматичних умов,

що має вирішальне значення для підтримки стабільного мікроклімату. У непорушених лісах мікрокліматична буферна здатність за своєю природою сильніша, забезпечуючи стійкість до екстремальних кліматичних умов, тоді як у порушених лісах можуть спостерігатися підвищені щоденні коливання змінних мікроклімату.

Крім того, розмір отворів навісу відіграє вирішальну роль у модуляції мікроклімату, де великі отвори можуть призвести до збільшення поверхневого освітлення та більш теплих і сухих умов. Таким чином, практики сталого господарювання, які підтримують безперервний покрив пологів, є життєво важливими для збереження мікрокліматичних умов, що сприяють відновленню лісів та екологічному балансу. Підкреслення потреби в системах лісівництва, заснованих на екосистемах, може бути ефективною стратегією для підтримки відповідних мікрокліматичних умов, сприяючи таким чином біорізноманіттю та екосистемним послугам.

1.3. Сучасні методи оцінки продуктивності лісових насаджень

Використання супутникових знімків зробило революцію у широкомасштабному моніторингу лісових насаджень, запропонувавши комплексний підхід до оцінки продуктивності лісу. Отримавши зображення з таких супутників, як Landsat і Sentinel-2, дослідники можуть ефективно контролювати величезні лісові масиви, ідентифікуючи та оцінюючи різні лісові насадження. Цей метод значно підвищує точність оцінки лісових ресурсів, дозволяючи виявити невеликі зміни, які можуть бути невидимі за допомогою традиційних методів наземного спостереження.

Завдяки зростанню доступності супутникових даних високої роздільної здатності менеджери лісів тепер можуть ефективніше оцінювати здоров'я та продуктивність лісових насаджень. Ця подія призвела до підвищення наукового інтересу до картографування лісів, що ще більше підвищило ефективність таких оцінок. Як наслідок, супутникові зображення стали

ключовим інструментом у сучасному управлінні лісами, що дозволяє приймати обґрунтовані рішення та стале використання лісових ресурсів.

Застосування технології LiDAR стало потужним інструментом для детального аналізу структури лісу, що забезпечує точне та повне розуміння динаміки лісу. LiDAR, що розшифровується як Light Detection and Ranging, використовує лазерні імпульси для створення тривимірних моделей лісових територій, що дозволяє дослідникам оцінювати важливі змінні, такі як висота рослин, біомаса, а також горизонтальні та вертикальні лісові структури.

Такий рівень деталізації є безцінним для менеджерів лісів, які прагнуть оцінити продуктивність і здоров'я лісових насаджень. Створюючи точні топографічні карти, LiDAR допомагає визначити території, які потребують втручання або зусиль щодо збереження. Крім того, його здатність проникати в полог лісу та надавати дані про підлісок є особливо корисною для оцінки складних лісових екосистем. Оскільки технологія LiDAR продовжує розвиватися, вона обіцяє ще більше вдосконалити аналіз структури лісу, що робить її незамінним інструментом у сучасному управлінні лісами [47,с.239].

Впровадження моделювання росту дерев за допомогою дендрометрів є основним наземним методом вимірювання в оцінці продуктивності лісових насаджень. Дендрометри - це точні інструменти, які вимірюють зростання діаметра дерева на висоті грудей протягом певного часу, надаючи важливі дані для аналізу моделей росту та показників продуктивності. Збираючи дані про поступове зростання, менеджери лісів можуть прогнозувати майбутню врожайність деревини та оцінювати стан лісових екосистем. Цей метод має вирішальне значення, оскільки він дозволяє здійснювати безперервний моніторинг і дає змогу зрозуміти вплив екологічних факторів на ріст дерев. Інтегруючи дендрометричні дані з іншою інформацією лісової інвентаризації, дослідники можуть створювати надійні моделі, які точно прогнозують продуктивність лісових насаджень, сприяючи прийняттю обґрунтованих рішень у управлінні лісами.

Використання портативних лазерних сканерів для точної оцінки об'єму дерев є значним прогресом у сучасних методах вимірювання лісу. Портативні лазерні сканери дозволяють швидко й точно вимірювати розміри дерев, пропонуючи детальні 3D-моделі окремих дерев і лісових ділянок. Ці сканери працюють, випромінюючи лазерні промені, які відскакують при попаданні на поверхню дерева, фіксуючи дані про структуру та об'єм дерева.

Таблиця 1.2

Сучасні методи оцінки продуктивності лісових насаджень

Метод оцінки	Опис	Застосування
Інвентаризація лісових ресурсів	Регулярні облікові заходи, що включають вимірювання діаметра, висоти, віку дерев, обліку порід та кількості дерев на одиницю площі	Використовується для створення лісових карт і планування лісових робіт
Аналіз біомаси	Оцінка сухої маси деревини, що зростає на одиниці площі, шляхом прямих вимірювань або за допомогою математичних моделей	Визначає потенціал лісу щодо виробництва біомаси та оцінює здатність поглинання CO ₂
Дистанційне зондування (Remote Sensing)	Використання супутникових знімків та аерофотозйомки для оцінки площі лісових насаджень, їх структури та стану здоров'я	Дозволяє оцінювати великі площі лісів, що робить цей метод ефективним для моніторингу стану лісових екосистем
Лазерне сканування (LIDAR)	Технологія лазерного сканування для створення тривимірних моделей лісового покриву, що дозволяє вимірювати висоту, об'єм і щільність дерев	Застосовується для точної оцінки структури лісу, щільності насаджень і прогнозування продуктивності
Фітокліматичні моделі	Моделі, що враховують кліматичні, ґрунтові та ландшафтні умови для прогнозування росту і розвитку лісових насаджень	Використовується для довгострокового планування лісовідновлювальних заходів і оцінки впливу кліматичних змін
Дендрохронологічний аналіз	Метод вивчення річних кілець дерев для визначення умов зростання у минулому, продуктивності дерев і оцінки вікової структури	Дозволяє вивчати історичні зміни продуктивності лісу та зв'язок з екологічними чинниками
Інтегровані екосистемні моделі	Комп'ютерні моделі, що поєднують різні екологічні та економічні параметри для оцінки загальної продуктивності лісової	Застосовуються для планування сталого управління лісовими ресурсами та оцінки екосистемних послуг лісових насаджень

	екосистеми	
--	------------	--

Сучасні методи оцінки продуктивності лісових насаджень поєднують традиційні підходи, такі як інвентаризація та дендрохронологічний аналіз, із високотехнологічними інструментами, як дистанційне зондування та лазерне сканування. Використання цих методів дозволяє отримати комплексну картину стану лісів, оцінювати їх біомасу, зростання, потенціал для поглинання вуглецю та інші екологічні характеристики. Наприклад, лазерне сканування забезпечує високу точність у вимірюванні параметрів лісу, а дистанційне зондування дозволяє охоплювати великі території та моніторити лісові екосистеми в реальному часі. Фітокліматичні моделі дають змогу передбачити розвиток лісових насаджень в умовах зміни клімату. Інтеграція цих методів забезпечує надійне планування та управління лісовими ресурсами для їхнього сталого використання [36].

Запровадження додатків для смартфонів для швидкого збору даних революціонує традиційні методи оцінки лісу. Ці додатки, розроблені для зручності використання, дозволяють професіоналам лісового господарства ефективно збирати та аналізувати дані за допомогою своїх мобільних пристроїв. Додатки для смартфонів можуть записувати різні вимірювання дерев, GPS-координати та фотографічні докази, спрощуючи процес збору даних. Вони пропонують такі переваги, як обмін даними в реальному часі, простота використання в польових умовах і можливість інтеграції з іншими цифровими інструментами, що значно підвищує точність і швидкість збору даних. Крім того, ці програми можуть бути обладнані алгоритмами, які миттєво обробляють дані, надаючи користувачам миттєве уявлення про стан лісу та рівень продуктивності. Ця інноваційна технологія не тільки економить час і ресурси, але й надає менеджерам лісів актуальну інформацію для прийняття обґрунтованих управлінських рішень.

Розробка прогнозних моделей з використанням алгоритмів машинного навчання зробила революцію в оцінці продуктивності лісових насаджень. Ці алгоритми здатні обробляти величезні обсяги даних і виявляти шаблони, які

традиційні методи можуть не помітити. Наприклад, машинне навчання може аналізувати спектральні та просторові характеристики лісових насаджень, які є вирішальними для розуміння моделей росту та прогнозування майбутньої продуктивності. Використовуючи нейронні мережі, ці моделі можуть ефективно навчатися на історичних даних і підвищувати свою точність з часом. Інтеграція сучасних інформаційних технологій із машинним навчанням дозволяє автоматизувати аналіз даних, дозволяючи лісовим менеджерам приймати обґрунтовані рішення з більшою ефективністю. Здатність передбачати зміни в продуктивності лісу не тільки допомагає в оперативному плануванні, але й покращує стратегічне управління, забезпечуючи сталість лісових ресурсів [43].

Географічні інформаційні системи (ГІС) відіграють важливу роль у просторовому аналізі лісових насаджень, пропонуючи комплексний підхід до розуміння їх розподілу та продуктивності. ГІС-технології дозволяють візуалізувати складні масиви даних, поєднуючи традиційні операції з базами даних із географічним аналізом. Ця інтеграція полегшує дослідження просторових моделей і взаємозв'язків у лісових насадженнях, що є важливим для ефективного управління. Наприклад, ГІС може автоматизувати обробку результатів досліджень, полегшуючи моніторинг змін лісових умов з часом. Здатність візуалізувати просторові дані дозволяє менеджерам лісів швидко визначати проблемні області та розробляти цілеспрямовані заходи. Крім того, ГІС забезпечує платформу для постійного моніторингу лісів за допомогою методів дистанційного зондування, підвищуючи точність і надійність оцінки продуктивності. Ця комбінація просторового аналізу та візуалізації надає особам, які приймають рішення, інструменти, необхідні для сталого управління лісовим господарством.

Статистичні інструменти є безцінними для аналізу тенденцій і прогнозування продуктивності лісових насаджень, пропонуючи розуміння динаміки росту та розвитку лісу. Ці інструменти дозволяють дослідникам аналізувати історичні дані та визначати тенденції, які можуть вказувати на

майбутні зміни в продуктивності. Застосовуючи різні статистичні методи, такі як регресійний аналіз і прогнозування часових рядів, можна передбачити, як різні фактори, наприклад зміна клімату або методи управління, можуть вплинути на продуктивність лісу. Аналіз тенденцій забезпечує основу для прийняття обґрунтованих рішень щодо розподілу ресурсів і стратегій управління. Крім того, статистичне прогнозування може керувати довгостроковим плануванням, передбачаючи потенційні виклики та можливості в управлінні лісами. Таким чином, застосування статистичних інструментів доповнює інші сучасні методи, такі як машинне навчання та ГІС, надаючи кількісну основу для розуміння та прогнозування змін продуктивності лісу.

1.4. Фактори, що впливають на стан і продуктивність буковосмерекових насаджень

Буковосмерекові насадження є важливим компонентом лісових екосистем, що відіграють суттєву роль в екологічній стабільності, збереженні біорізноманіття та забезпеченні ресурсами для лісової галузі. Продуктивність таких насаджень залежить від багатьох чинників, які впливають на ріст, розвиток і стійкість деревостанів. Врахування цих факторів дозволяє ефективно управляти лісовими ресурсами, зберігати екологічну рівновагу та підвищувати економічну ефективність лісового господарства.

Кліматичні умови є одним з основних чинників, що визначають стан і продуктивність буковосмерекових насаджень. Для таких лісових масивів особливо важливими є кількість опадів, температура та інтенсивність сонячного випромінювання.

Бук і смерека є чутливими до температурних коливань. У середніх широтах вони демонструють оптимальний ріст при помірних температурах. Високі температури можуть призводити до перегріву й посухи, що негативно впливає на фотосинтез та ріст дерев. Буковосмерекові ліси розвиваються найкраще в умовах постійного вологості. Недостатня кількість опадів під час

вегетаційного періоду може призводити до зниження продуктивності дерев через дефіцит води для транспірації та фотосинтезу. Глобальні кліматичні зміни, такі як підвищення середньорічної температури та зміна сезонних опадів, можуть негативно позначитися на стані насаджень. Це створює нові виклики для управління лісами та їхньої адаптації до кліматичних умов [52].

Ґрунтові характеристики також є вирішальними для визначення продуктивності буковосмерекових лісів. Важливими є такі параметри ґрунту, як склад, текстура, кислотність і родючість. Вміст поживних речовин, зокрема азоту, фосфору та калію, впливає на швидкість росту дерев та їхню стійкість до хвороб. Нестача цих елементів призводить до зниження росту та зниження якості деревини. Бук і смерека віддають перевагу слабокислим або нейтральним ґрунтам. Занадто кислі ґрунти можуть обмежити доступність поживних речовин і викликати зниження темпів росту. Важливою характеристикою є здатність ґрунту утримувати воду. Більш водопроникні та вологозатримуючі ґрунти забезпечують кращі умови для росту кореневих систем і загального стану деревостанів.

Біологічні чинники включають особливості видового складу, вплив шкідників і хвороб, а також природну регенерацію насаджень. Смерека та бук є вразливими до ряду шкідників, таких як короїд і листогризучі комахи. Захворювання, викликані грибковими інфекціями, можуть призвести до масової загибелі дерев і суттєвого зниження продуктивності лісу. Види, що ростуть поруч з буком та смерекою, можуть впливати на їхній ріст через конкуренцію за ресурси (світло, воду та поживні речовини). Деякі супутні види можуть стимулювати симбіотичні відносини, такі як утворення мікоризи, що покращує живлення дерев.

Буковосмерекові насадження є складними екосистемами, на продуктивність яких впливають різноманітні фактори, включаючи кліматичні, ґрунтові, біологічні, лісогосподарські та антропогенні чинники. Для забезпечення сталого розвитку лісів необхідно враховувати всі ці аспекти при плануванні лісогосподарської діяльності. Збалансоване

поєднання екологічних заходів, догляду за лісами та сталого управління дозволить підвищити продуктивність і зберегти біорізноманіття цих насаджень для майбутніх поколінь [29,с.237].

Здоров'я буково-смерекових насаджень тісно пов'язане з різними факторами навколишнього середовища, кожен з яких відіграє вирішальну роль у впливі на життєздатність дерев. Кислотні дощі, наприклад, широко визнані своїми згубними наслідками, сприяючи відмиранню численних порід листяної деревини, включаючи бук і ялину, змінюючи рН ґрунту та доступність поживних речовин. Такі зміни в хімічному складі ґрунту можуть призвести до механічного стресу коренів, про що свідчить наявність відмерлого листя на верхівках дерев, що ще більше підкреслює важливість підтримки збалансованого ґрунтового середовища для забезпечення стійкості дерев до стресових факторів.

Таблиця 1.3

Фактори, що впливають на стан і продуктивність буковосмерекових насаджень

Категорія факторів	Конкретні фактори	Вплив на насадження
Кліматичні	Температура, кількість опадів, зміна клімату	Впливають на ріст і розвиток дерев, зокрема на фотосинтез, водопостачання та стійкість до посухи або заморозків
Ґрунтові	Родючість, кислотність ґрунту, вологоємність	Визначають доступність поживних речовин і води, що безпосередньо впливає на темпи росту та стійкість дерев
Біологічні	Шкідники, хвороби, конкуренція між видами	Шкідники та хвороби можуть викликати загибель дерев, а конкуренція впливає на доступ до ресурсів, необхідних для росту
Лісогосподарська діяльність	Лісовідновлення, догляд за лісом, прорідження	Догляд та регенерація забезпечують зростання здорових дерев, підтримують оптимальну структуру та продуктивність лісу
Антропогенні	Забруднення повітря, деградація лісових територій, вирубка лісів	Забруднення та деградація впливають на якість ґрунтів і води, що призводить до зниження продуктивності та стійкості

Таблиця 1.3 ілюструє ключові фактори, які впливають на стан і продуктивність буковосмерекових насаджень. Кліматичні умови, зокрема

температура та кількість опадів, визначають рівень зростання дерев і їхню здатність адаптуватися до зміни клімату. Ґрунтові фактори, такі як родючість і кислотність, є вирішальними для постачання дерев поживними речовинами та водою. Біологічні чинники, включаючи шкідників і хвороби, можуть суттєво впливати на життєздатність лісових масивів. Лісогосподарські практики допомагають підтримувати здоров'я лісу, тоді як антропогенні фактори, такі як забруднення та деградація лісових територій, можуть мати негативний вплив на екологічну стабільність.

Крім того, умови навколишнього середовища також можуть посилювати вплив біотичних стресорів; наприклад, скручене або згорнуте листя може не тільки вказувати на вірусні інфекції, але також вказувати на наявність живлення комах, яке є більш поширеним у конкретних кліматичних умовах. Виявлення цих взаємопов'язаних факторів є обов'язковим для керівників лісів для впровадження ефективних заходів, таких як моніторинг і пом'якшення джерел забруднення, управління станом ґрунту та контроль за популяціями комах, щоб підтримувати здоров'я буково-смерекових насаджень [14,с.72].

Якість ґрунту є ключовим фактором, який безпосередньо впливає на продуктивність плантацій, оскільки охоплює низку параметрів, критичних для росту та здоров'я рослин. Хоча азот, фосфор і калій часто висвітлюються як основні поживні речовини, необхідні для розвитку рослин, складність якості ґрунту виходить за межі простого вмісту поживних речовин. Наприклад, збільшення вмісту азоту саме по собі не гарантує покращення росту рослин, оскільки доступність і поглинання цих поживних речовин рослинами є не менш важливими факторами. Це підкреслює важливість взаємодії поживних речовин і роль насиченості ґрунту у визначенні продуктивності.

Крім того, властивості ґрунту, такі як органічна речовина та доступні поживні речовини, нерозривно пов'язані з різноманітністю видів в екосистемах насаджень. Цей взаємозв'язок свідчить про те, що покращення

цих властивостей ґрунту може призвести до збільшення біорізноманіття, що, у свою чергу, сприяє більшій продуктивності плантацій. Тому визначення та підтримка оптимальної якості ґрунту має вирішальне значення, особливо в контексті штучного лісонасадження, для забезпечення успішного росту дерев і міцного врожаю плантацій. Щоб максимізувати продуктивність, необхідним є комплексний підхід, який поєднує управління поживними речовинами ґрунту з ширшими екологічними міркуваннями [28,с.94].

Вплив зміни клімату на буково-смерекові насадження є глибоким, про що свідчить значне підвищення середньорічної температури в Карпатах, яка зросла приблизно на 1,6 °C з 1881 по 2009 рік. Це підвищення температури призвело до змін умов насаджень, включаючи зміни в динаміці температури ґрунту, що сприяє більш ранньому росту рослин і сприяє поширенню теплолюбних видів. Крім того, було показано, що посухи та зменшення кількості опадів зменшують річний приріст дерев у цих насадженнях, підкреслюючи чутливість буково-смерекових лісів до наявності води. Це скорочення зростання ускладнюється зменшенням кількості опадів, що не тільки зменшує вологість верхнього шару ґрунту, але також негативно впливає на загальну продуктивність і змінює видовий склад лісової екосистеми. Ці зміни підкреслюють необхідність втручань, які підтримують загальний деревний покрив і чагарникові яруси, щоб пом'якшити вплив підвищення температури та контролювати поширення теплолюбних видів, таким чином зберігаючи стабільність насаджень. Вирішення цих проблем, викликаних кліматом, має вирішальне значення для підтримки продуктивності та екологічного балансу буково-ялинових насаджень в умовах постійної зміни клімату.

РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ СТАНУ БУКОВОСМЕРЕКОВИХ НАСАДЖЕНЬ У ФІЛІЇ «НАДВІРНЯНСЬКЕ ЛГ»

2.1. Огляд природно-кліматичних умов регіону

Ключові географічні особливості регіону характеризуються його різноманітними річковими системами, які включають як гірські, так і рівнинні річки, що підкреслює географічне розмаїття території. У Карпатському екорегіоні переважають гірські річки, які визначаються крутими ухилами та швидкою течією, створюючи унікальні екологічні ніші, які підтримують виразне водне життя.

На відміну від цього, Східний рівнинний екорегіон характеризується повільнішими рівнинними річками, які демонструють різні екологічні характеристики, зокрема з точки зору віку та морфометричних ознак водних зразків, які, як правило, демонструють більшу однорідність у цьому регіоні. Така відмінність типів річок у басейні Дністра підкреслює важливість вивчення як гірських, так і рівнинних річкових систем для повного розуміння географічної складності регіону. Таке різноманіття вимагає цілеспрямованих зусиль щодо збереження та екологічних досліджень для збереження окремих середовищ існування та видів, які зустрічаються в цих різноманітних середовищах [13,с.102].

У цьому регіоні взаємодія між типами ґрунтів і місцевою рослинністю є особливо чіткою, про що свідчать дані аналізу основних компонентів (РСА). Перша вісь РСА підкреслює контрастні асоціації між різними типами рослинності та характеристиками ґрунту. Зокрема, ґрунти, на яких ростуть сосни, акація та діброва, чітко згруповані в негативному напрямку вздовж цієї осі, що вказує на те, що ці види пов'язані з типами ґрунтів, які значно відрізняються від тих, яким віддають перевагу трав'янисті види.

Навпаки, трав'янисті види групуються позитивно вздовж однієї осі, що свідчить про перевагу ґрунтів із певними властивостями, такими як певні рівні рН та швидкості біологічного дихання. Ця дихотомія свідчить про те,

що хімічні та біологічні властивості ґрунту, включаючи рН і мікробну активність, відіграють вирішальну роль у визначенні того, які види можуть процвітати в цих районах. Взаємодія між цими характеристиками ґрунту та типами рослинності підкреслює необхідність цілеспрямованих методів управління ґрунтом для підтримки біорізноманіття та здоров'я екосистеми в регіоні. Розуміння цієї динаміки має важливе значення для розробки стратегій збереження та планування землекористування, які поважають природні переваги місцевої флори та забезпечують сталість цих екосистем.

Таблиця 2.1

Огляд природно-кліматичних умов у філії «Надвірнянське ЛГ»

Кліматичний фактор	Значення
Середньорічна температура (°C)	8.5
Кількість опадів (мм)	950
Тривалість вегетаційного періоду (днів)	220
Середня вологість повітря (%)	75
Глибина снігового покриву (см)	30

Таблиця 2.1 наочно демонструє основні кліматичні характеристики регіону, що мають значний вплив на стан і продуктивність лісових насаджень. Середньорічна температура 8,5°C є помірною, що сприяє активному росту рослин протягом тривалого вегетаційного періоду, який становить 220 днів. Кількість опадів у 950 мм вказує на достатнє зволоження, що є важливим для підтримки життєдіяльності буковосмерекових насаджень [40,с.31]. Середня вологість повітря 75% створює сприятливі умови для збереження вологості ґрунту та повітря, що необхідно для росту дерев. Глибина снігового покриву в 30 см забезпечує додатковий захист корневих систем взимку, а також поступове надходження води під час танення снігу. Усі ці фактори разом визначають кліматичні умови, які впливають на стан лісових екосистем і продуктивність насаджень.

Природні ресурси, які переважають у цьому регіоні, тісно пов'язані з екологічним різноманіттям і специфічними типами ґрунтів, які підтримують різні рослинні угруповання. Місцеві рослинні угруповання, виявлені на

окремих ділянках парку, відіграють вирішальну роль у підтримці біорізноманіття, що свідчить про екологічне багатство території. Наявність різноманітних природних ресурсів, таких як водно-болотні угіддя, ліси та навіть деградовані луки, значно сприяє цьому біорізноманіттю.

Однак природні ресурси стикаються з кількома загрозами, включаючи поширення інвазивних видів, таких як крушина та очерет канарковий, які порушують місцеві екосистеми та можуть призвести до погіршення екологічної якості. Це ускладнюється негативними впливами, такими як незаплановані стежки та ерозія, які ще більше погіршують природне середовище. Інвентаризація та оцінка цих рослинних угруповань будуть важливими для оцінки їх екологічної якості та розробки стратегій збереження та відновлення. Розуміючи ці взаємозв'язки, можна розробити цілеспрямовані дії для пом'якшення загроз і підвищення стійкості природних ресурсів у регіоні, забезпечуючи стійкість його багатого біорізноманіття [63,с.202].

У Надвірній середня температура жовтня становить приблизно 13°C, а вночі - до 6°C. У цьому регіоні в жовтні випадає в середньому 48,64 мм опадів, розподілених протягом приблизно п'яти дощових днів, що відображає структуру непостійних опадів, що відбуваються короткими сплесками. Рівні вологості протягом цього місяця є відносно високими, коливаючись близько 75%, що свідчить про вологість, яка супроводжує дощ. Жовтень також є частиною періоду з жовтня по січень, на який припадає більша частина річної кількості опадів у Надвірній, що свідчить про сезонну концентрацію опадів. Така структура опадів не тільки впливає на місцевий клімат, але також відіграє вирішальну роль у сільськогосподарському плануванні та управлінні водними ресурсами в регіоні. Враховуючи ці умови, втручання з ефективного управління водними ресурсами були б корисними, зокрема щодо оптимізації збору та зберігання дощової води, щоб пом'якшити вплив нестабільної структури опадів.

Сезонні зміни мають глибокий вплив на екосистему регіону, зокрема через зміну моделей опадів та їхній каскадний вплив на доступність води та стан ґрунту. Ці зміни можуть призвести до підвищення сприйнятливості рослин до хвороб, що в поєднанні з підвищеною вразливістю до посухи створює значні загрози для біорізноманіття регіону. У міру зміни режиму опадів порушується водопостачання, необхідне для підтримки як наземного, так і водного життя, створюючи проблеми для місцевої флори та фауни, які пристосувалися до конкретних потреб у воді.

Взаємозв'язок між наявністю води та здоров'ям ґрунту має вирішальне значення, оскільки здоровий ґрунт підтримує ріст рослин, які, у свою чергу, утворюють основу харчової мережі. Цей зв'язок підкреслює важливість впровадження ефективних стратегій управління водними ресурсами для пом'якшення цих сезонних впливів. Активно вирішуючи ці зміни, регіон може підтримувати екологічний баланс і захистити своє біорізноманіття від постійних викликів, спричинених зміною сезонних моделей [50,с.87].

Північно-східний регіон стикається зі складним набором кліматичних проблем, які тісно пов'язані з густою міською інфраструктурою та історичними пам'ятками. У зв'язку зі зміною клімату в регіоні спостерігаються більш інтенсивні опади, що значно підвищує ризик затоплення міських водотоків і низин. Ці інтенсивні погодні явища становлять суттєву загрозу для критичної інфраструктури, що призводить до потенційних каскадних збоїв у таких секторах, як енергетика, транспорт і управління водними ресурсами.

Наприклад, багато електростанцій у Нью-Йорку, розташованих уздовж берегової лінії, особливо вразливі до підвищення рівня моря та екстремальних погодних умов, що може призвести до тривалих відключень електроенергії та збоїв. Крім того, історичні райони регіону, в тому числі в Аннаполісі, штат Меріленд, і Ньюпорт, штат Род-Айленд, знаходяться під загрозою через їх низинні прибережні розташування, стикаючись із загрозами як повеней, так і підвищення рівня моря. Щоб пом'якшити ці

ризика, існує нагальна потреба у комплексному плануванні стійкості та стратегіях адаптації до зміни клімату для збереження культурної, економічної та природної спадщини регіону. Вирішення цих проблем потребує багатогранного підходу, який враховує взаємозв'язок постраждалих областей і ширший вплив зміни клімату як на людину, так і на екологічні системи.

2.2. Особливості структури та вікових показників насаджень

На ключові структурні характеристики насаджень «Надвірнянського ЛГ» суттєво впливає кілька визначальних особливостей плантаційного землеробства. Насамперед, ці насадження характеризуються великомасштабною монокультурою, що означає вирощування однієї культури на великих площах, що часто визначає економічний та екологічний ландшафт регіону. Такі великомасштабні операції зазвичай вимагають великих витрат праці та ресурсів, що підкреслює інтенсивний характер плантаційного землеробства. Ця характеристика узгоджує плантації з економічними моделями, які віддають перевагу ефективності та продуктивності, хоча іноді за рахунок біорізноманіття та екологічної стійкості. Крім того, не можна ігнорувати історичний контекст плантацій як інструменту колоніалізму, оскільки вони історично сформували економічні структури та соціальні відносини в таких регіонах. Спадщина цих плантацій продовжує впливати на поточну практику сільського господарства та економічну діяльність, підкреслюючи необхідність сталого втручання, спрямованого як на продуктивність, так і на екологічний баланс [39,с.15].

Структура плантацій у Надвірнянському ЛГ демонструє певні унікальні характеристики порівняно з іншими регіонами, особливо якщо врахувати дихотомію між самодостатніми дрібними фермерами та великими виробниками товарних культур. У таких регіонах, як колонії на південь від Пенсільванії та на схід від річки Делавер, система плантацій створила суспільство, яке було різко розділене за класовими ознаками, часто з

великими плантаціями, які домінували в економічному ландшафті та впливали на соціальні ієрархії. Ця відмінність є життєво важливою, якщо порівнювати його з Надвірнянським ЛГ, яке, хоч і під впливом потреби у товарному рослинництві, могло не зазнати такого ж ступеня соціального розшарування. Крім того, архітектура та планування плантацій можуть надати уявлення про їх оперативну спрямованість, будь то максимізація виробництва чи контроль внутрішніх територій. Цей архітектурний аспект має вирішальне значення для розуміння того, як структури плантацій адаптуються до свого середовища та соціально-економічних умов, у яких вони працюють. В окрузі Прінс-Джордж, наприклад, плантації часто досліджуються через їхні архітектурні та археологічні елементи, щоб зрозуміти їх історичну економічну роль.

Подібним чином, вивчення фізичного дизайну та практики експлуатації насаджень у Надвірнянському ЛГ може виявити, як ці системи були інтегровані в більш широкий соціально-економічний ландшафт. Порівняння підкреслює необхідність всебічних досліджень, які б розглядали як економічні, так і соціальні виміри плантаційних систем, що могло б призвести до більш обґрунтованих втручань і політики, спрямованих на усунення історичної нерівності та забезпечення стійких сільськогосподарських методів.

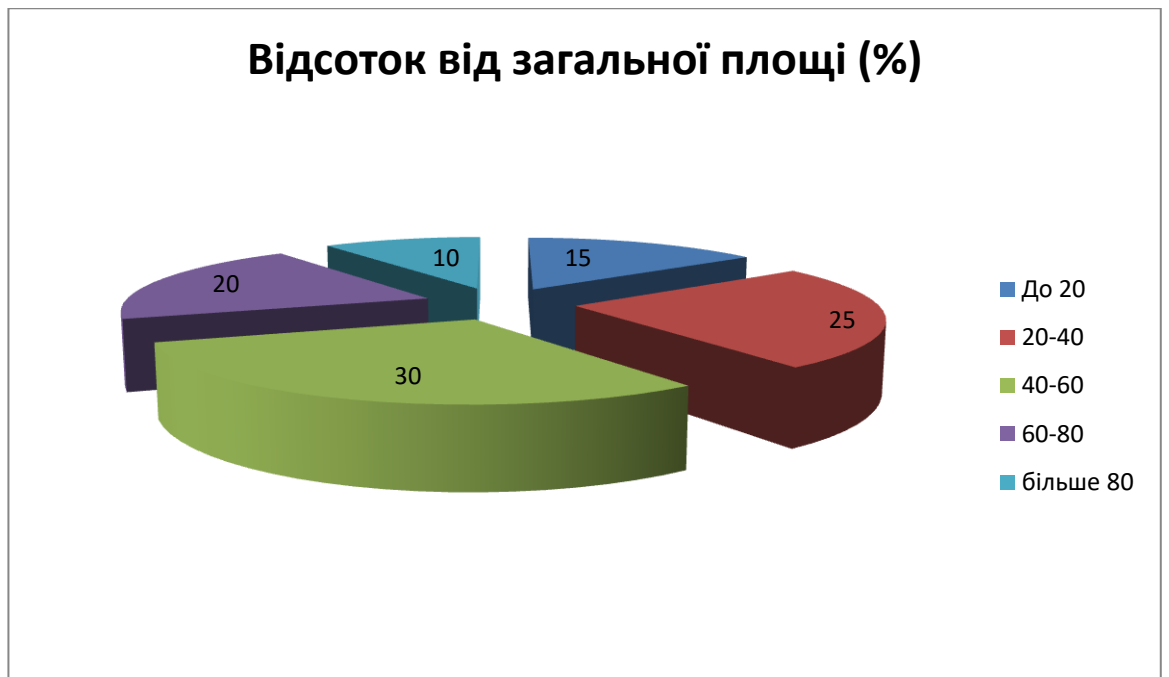


Рис.2.1. Вік насаджень у філії «Надвірнянське ЛГ»



Рис.2.2. Площа насаджень у філії «Надвірнянське ЛГ»

Рисунки 2.1 та 2.2 демонструють вікову структуру лісових насаджень у філії «Надвірнянське ЛГ». Найбільшу частку площ займають насадження віком від 40 до 60 років (30%), що свідчить про зрілість і стабільність екосистеми. Значна частина площі також покрита молодими лісами віком від 20 до 40 років (25%), що вказує на активне відновлення лісів. Насадження

старше 80 років складають лише 10%, що свідчить про необхідність охорони цих екосистем, з огляду на їх екологічну важливість [10,с.12].

На структуру та управління насадженнями в межах «Надвірнянського ЛГ» впливає низка екологічних та соціально-економічних факторів. Одним із важливих елементів є склад ґрунту, зокрема рівні загального азоту (TN) та обмінних іонів кальцію (Ca^{2+}), які відіграють вирішальну роль у визначенні здатності ґрунту підтримувати різноманітні види рослин. Наявність цих поживних речовин може вплинути як на кількість, так і на якість розчиненої в ґрунті органічної речовини (POM), яка є важливою для підтримки здорового росту рослин. Крім того, пошук вуглецевих кредитів через плантаційне лісове господарство дедалі більше формує структуру цих плантацій.



Рис.2.3. Площа насаджень у лісовому господарстві

Структура насаджень за породами показує, що домінуючими породами у філії є бук (40%) і ялина (смерека) (30%). Це характерні для регіону породи, які мають високу екологічну та економічну цінність. Дубові насадження займають 15% площі, що підкреслює різноманітність лісових екосистем, а на інші породи припадає 5%, що свідчить про деяку, але меншу присутність інших видів дерев у структурі лісів.

Попит на оциліндровану колоду та лісоматеріали впливає не лише на те, які породи висаджуються, але й на практику управління, яка використовується для максимізації економічної прибутковості, одночасно вирішуючи екологічні проблеми. Ці фактори взаємопов'язані з ширшими глобальними тенденціями, такими як розширення певних плантацій, як-от *Nevea brasiliensis*, які історично спричиняли вирубку лісів і викиди вуглецю. Для оптимізації структури насаджень у «Надвірнянському ЛГ» важливий збалансований підхід, який враховує управління поживними речовинами, можливості вуглецевих кредитів та практики сталого лісового господарства.

2.3. Динаміка розвитку насаджень: зміна площ і вікової структури

Трансформація та розширення площ насаджень з часом відбувалися під впливом кількох взаємопов'язаних факторів. Спочатку створення плантацій, особливо на півдні Сполучених Штатів, обмежувалося старими полями та трав'янистими саванами, які з'явилися на вирубках після частих лісових пожеж до 1950-х років. Однак запровадження Програми банку ґрунтів у 1950-х роках, яка стимулювала перетворення сільськогосподарських угідь у ліси, ознаменувало значний зсув, що призвело до великого відсотка насаджень на цих землях. У цей період різко зріс попит на соснову балансову деревину через швидке розширення целюлозно-паперової промисловості, що ще більше стимулювало плантаційну діяльність на землях лісової промисловості.

Цей підвищений попит у поєднанні з прогресом у лісівництві, таким як удосконалення техніки розсадництва та обробки саджанців, значно сприяв зростанню південних соснових насаджень, площа яких досягла 32 мільйонів акрів до кінця 20 століття. Перехід від природного відновлення до більш контрольованого управління плантаціями також передбачав вирішення проблем, таких як погана підготовка ділянки та конкуренція з боку листяних порід, які були пом'якшені інноваційними методами підготовки ділянки та розвитком методів інтенсивного управління лісовим господарством. Ці

багатогранні зусилля підкреслюють динамічні зміни в площах плантацій з часом, відображаючи ширші соціально-економічні чинники та технологічний прогрес [32,с.19].

Розширення плантаційних площ, зокрема деревних плантацій, можна пояснити декількома взаємопов'язаними факторами, головним рушієм яких є економічний попит. Оскільки світовий дохід і чисельність населення продовжують зростати, попит на деревину як ключовий промисловий ресурс різко зріс, що призвело до необхідності збільшення площ деревних плантацій на 171 млн га за сценарієм лісового господарства, щоб задовольнити зростаючу потребу в промисловому круглому лісі та деревному паливі. Цей попит також формує моделі землекористування, що призводить до значного збільшення сільськогосподарських угідь за рахунок лісів із розширенням на 731 Мга за сценарієм за замовчуванням і 649 Мга за сценарієм лісового господарства.

Таблиця 2.2

Зміна площі насаджень у філії «Надвірнянське ЛГ» за період 2010-2020 рр.

Рік	Загальна площа насаджень (га)	Площа нових насаджень (га)	Вирубані насадження (га)
2010	900	50	30
2015	920	60	40
2020	940	70	50

Таблиця 2.2 відображає динаміку зміни площі лісових насаджень у філії «Надвірнянське ЛГ» протягом 2010-2020 років. Спостерігається стабільне зростання загальної площі насаджень із 900 га у 2010 році до 940 га у 2020 році. Площа нових насаджень зростає щороку, що свідчить про активну лісовідновлювальну діяльність, тоді як вирубка також збільшується, але цей процес контролюється, що дозволяє зберігати баланс і підтримувати екологічну стабільність.

Таке розширення має прямий вплив на природне середовище, оскільки часто призводить до перетворення первинних і вторинних лісів на орні землі

та площі плантацій, спричиняючи зменшення площі цих лісів на 422 і 377 млн га відповідно. Створення цих насаджень, незважаючи на економічну користь, призводить до екологічних витрат через зменшення біорізноманіття та зміну структур середовища проживання, що вимагає ретельного планування для пом'якшення несприятливого впливу на навколишнє середовище. Використання деградованих земель для розвитку плантацій може служити стійкою альтернативою, перенаправляючи сільськогосподарські операції з незайманих лісів і, таким чином, зберігаючи основні екосистемні послуги, які вони надають, такі як поглинання вуглецю та збереження біорізноманіття.

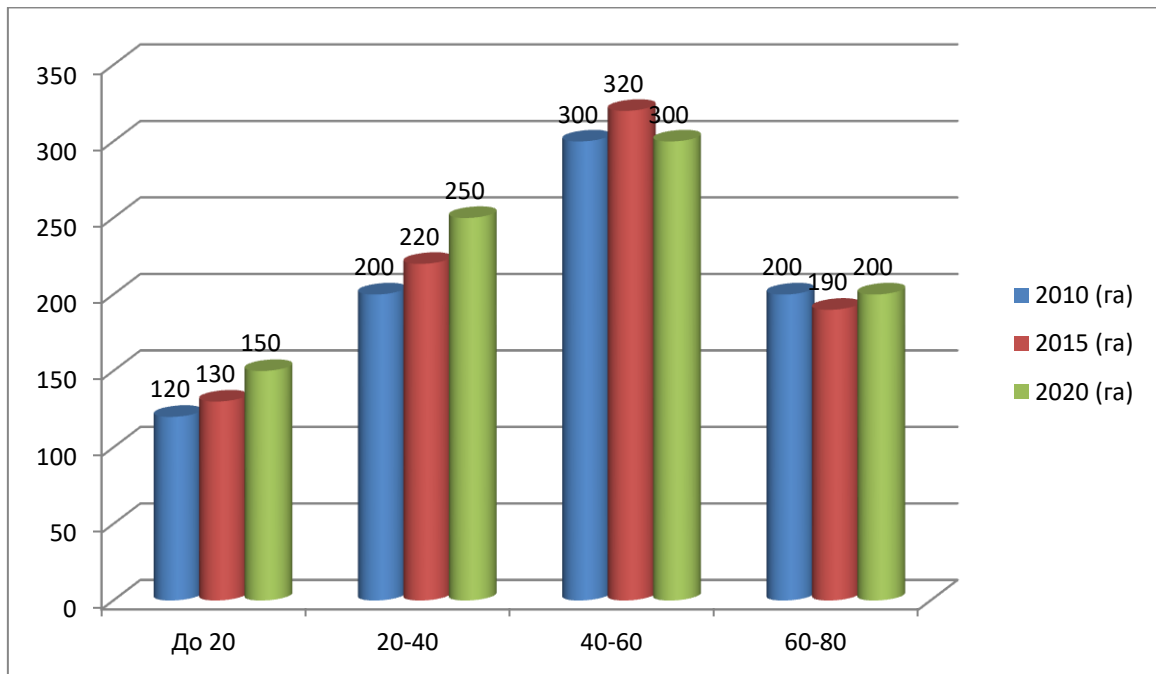


Рис.2.4. Динаміка зміни вікової структури насаджень у філії «Надвірнянське ЛГ» (2010-2020 рр.)

Рисунок 2.4 демонструє зміни у віковій структурі насаджень протягом десятиліття. Молоді ліси віком до 20 років та від 20 до 40 років поступово збільшують свою площу, що свідчить про акцент на відновленні лісів. При цьому кількість старших насаджень (більше 80 років) зменшується, що може бути результатом планової рубки або природного старіння. Насадження у віковій категорії 40-60 років залишаються стабільними, що вказує на рівномірний розвиток лісового фонду [1,с.204].

Перетворення тропічних лісів на плантації значно впливає на місцеві екосистеми, докорінно змінюючи їх структуру та функції. Ця трансформація призводить до ерозії та реструктуризації харчових мереж, впливаючи на різні рівні екосистеми, від ґрунтових організмів до видів крони дерев. Міжнародна дослідницька група продемонструвала, що вплив не обмежується лише втратою біорізноманіття, а поширюється на те, як екосистеми переробляють енергію в різних спільнотах, підкреслюючи всеосяжну зміну функціонування екосистем.

Конверсія також призводить до різкого зменшення тропічного біорізноманіття, що має каскадний вплив на екологічний баланс і доступність ресурсів у цих системах. Оскільки плантації замінюють природні ліси, взаємодія між біорізноманіттям і функціями екосистеми стає фрагментованою, обмежуючи здатність екосистеми надавати основні послуги, такі як поглинання вуглецю та зв'язок середовищ існування. Існує нагальна потреба у більш цілісному підході до управління екосистемами, який враховує як надземні, так і підземні функції, щоб пом'якшити ці впливи та сприяти стійкості перетворених ландшафтів.

Вікова демографія насаджень евкаліпта, зокрема категорій 1-річного та 5+-річного віку, відіграє вирішальну роль у визначенні екологічної динаміки в цих системах. Примітно, що 5+-річні насадження демонструють значно більшу кількість грибів, ніж їхні молодші побратими, підкреслюючи, як зрілість впливає на екологічну складність [9,с.57].

Навпаки, 1-річні плантації характеризуються більшою різноманітністю грибів і вирівняністю, що свідчить про те, що ці молоді плантації забезпечують більш збалансоване грибне співтовариство, незважаючи на їх нижчу загальну насиченість. Ця відмінність у грибних угрупованнях між двома віковими групами додатково підтверджується різними спостережуваними індексами альфа-різноманітності, які вказують на те, що стадія зрілості насаджень є визначальним фактором у формуванні структури грибних угруповань.

Крім того, взаємодія між віком насадження та видом виду значно впливає на багатство грибів, підкреслюючи взаємозв'язок біологічних та хронологічних факторів у цих екосистемах. Отже, розуміння цих вікових демографічних факторів має важливе значення для управління біорізноманіттям і оптимізації екологічних результатів на плантаціях евкаліпта.

Виходячи з історичних досягнень у південному сосновому лісництві, вікова структура насаджень відіграє вирішальну роль у визначенні їх продуктивності та сталості. Наприклад, впровадження дубових насаджень як нерегулярних систем із 2-3-віковими класами дозволяє домінувати когорті, що відновлюється, суттєво впливаючи як на продуктивність, так і на стійкість, забезпечуючи безперервне постачання молодих, сильних дерев, які можуть підвищити темпи росту та екологічну стійкість. Крім того, там, де не вистачає передової регенерації листяних порід, прийняття однорідних захисних лісів у поєднанні зі скарифікацією ділянки та встановленими наземними пожежами підкреслює важливість вікової структури в управлінській практиці, яка сприяє довгостроковій стійкості.

Крім того, наявність резерватів старшого віку, організованих як однодеревних, так і групових, відіграє важливу роль у диверсифікації видового складу та покращенні структури середовища проживання диких тварин, що сприяє екологічній стійкості насаджень. У сукупності ці стратегії підкреслюють необхідність ретельного планування та впровадження структурованих за віком систем управління для оптимізації як продуктивності, так і екологічного балансу насаджень [2,с.243].

У вирішенні проблем, пов'язаних із віком, під час управління плантаціями, такі стратегії, як підтримка збалансованої вікової структури та систематичний контроль врожайності, відіграють вирішальну роль. Управління віковими структурами керується принципом, що кількість стандартних дерев у кожному віковому класі має бути приблизно вдвічі меншою, ніж у наступному молодшому класі. Такий підхід забезпечує

безперервну поставку дорослих дерев, одночасно сприяючи зростанню молодших когорт, таким чином підтримуючи продуктивність плантації та екологічний баланс.

На практиці це передбачає дотримання приблизно 50–100 стандартів на гектар, з особливим акцентом на молодих деревах, щоб забезпечити стабільність майбутньої врожайності. Цей стратегічний фокус на віковому розподілі не тільки оптимізує використання ресурсів, але й пом'якшує ризики, пов'язані з монокультурними насадженнями, такі як сприйнятливість до шкідників і хвороб. Крім того, на збереження стандартів через порослеві цикли впливають специфічні для виду фактори, темпи росту та бажаний розмір деревини, що підкреслює потребу в індивідуальних планах управління, які адаптуються до різних екологічних та економічних умов. Ці стратегії разом роблять внесок у стійку модель управління плантаціями, що вимагає постійної оцінки та адаптації для вирішення динамічних проблем управління, пов'язаного зі старінням.

2.4. Вплив лісогосподарської діяльності на стан насаджень

Діяльність у лісовому господарстві відіграє вирішальну роль у визначенні здоров'я та стійкості насаджень. Вирубка, важлива діяльність у лісовому господарстві, може призвести до деградації лісів, що не лише загрожує екологічній цілісності лісу, але й впливає на здоров'я самих насаджень. Коли дороги будуються в рамках лісозаготівельних операцій, вони порушують середовище проживання диких тварин і здоров'я водних організмів, посилюючи негативний вплив на лісову екосистему. Ці дії можуть ще більше посилити втрату лісового покриву, зробивши територію сприйнятною до інтродукції антропогенних видів, що може сприяти виникненню та поширенню хвороб.

Щоб протистояти цим згубним наслідкам, впровадження стратегічних методів управління лісами має вирішальне значення. Такі заходи можуть покращити загальне здоров'я плантації шляхом стабілізації ґрунту, захисту

вододілів та зменшення викидів вуглецю, тим самим сприяючи здоровішій та стійкішій екосистемі. Оскільки зміни клімату продовжують впливати на лісогосподарську діяльність через зміни погодних умов, вкрай важливо прийняти адаптивні стратегії управління, які надають пріоритет екологічному балансу та здоров'ю насаджень. Це забезпечить збереження переваг лісів, таких як очищення повітря та води та створення середовища існування, для майбутніх поколінь.

При оцінці ключових показників деградації насаджень у цій місцевості стає очевидним, що відсутність сталості на більших ділянках порівняно з меншими місцевими ділянками створює підвищений ризик деградації. Це додатково ускладнюється зменшенням середньої біомаси ґрунту, яка є суттєвим показником деградації насаджень. Зменшення біомаси ґрунту не тільки впливає на ріст рослин, але також сприяє вивільненню чистого CO₂ з великих ділянок, на відміну від менших ділянок, яким вдається пом'якшити цей ефект. Така деградація посилюється скороченими періодами перелогу, що призводить до меншого росту рослинності на землях, які раніше були спалені [11,с.29].

Крім того, зміна землекористування та земельного покриття (LULCC) спричинила поширення інвазивних видів, таких як *Lantana camara* та *Senna spectabilis*, які порушують склад і структуру місцевої рослинності, тим самим перешкоджаючи її відновленню. Це порушення місцевої флори не тільки зменшує біорізноманіття, але й створює бар'єри для дикої природи, такі як обмеження доступу до джерел їжі для мавп, тим самим сприяючи дефіциту ресурсів у лісі. Отже, дефіцит ресурсів відганяє тварин, збільшуючи ймовірність конфлікту між людьми, що ще більше підкреслює багатогранний характер деградації насаджень. Вирішення цих проблем потребує комплексного підходу, який включає практику сталого землеустрою, контроль над інвазивними видами та відновлення місцевої рослинності для пом'якшення поточної деградації та її ширшого екологічного впливу.

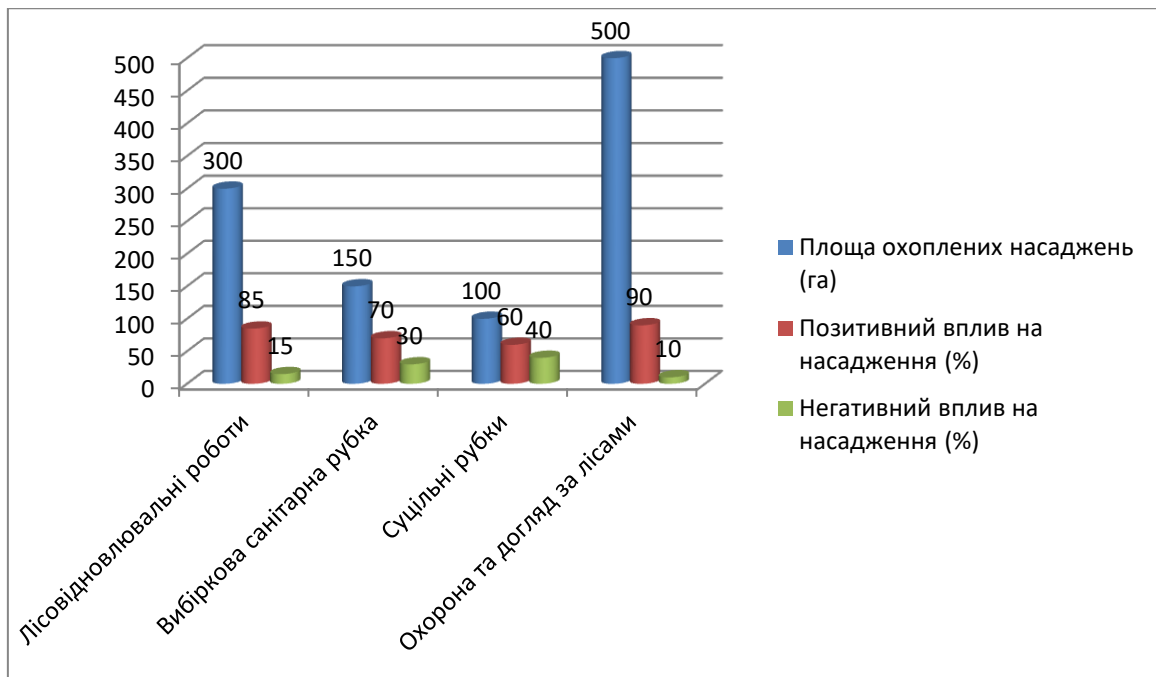


Рис.2.5. Вплив лісогосподарської діяльності на стан насаджень у філії «Надвірнянське ЛГ» (2015-2020 рр.)

У цій діаграмі відображено вплив різних видів лісогосподарської діяльності на стан лісових насаджень у філії «Надвірнянське ЛГ» протягом 2015-2020 років. Найбільший позитивний вплив мають лісовідновлювальні роботи (85%) та заходи з охорони й догляду за лісами (90%), що свідчить про ефективність цих методів для підтримання здоров'я лісу. Натомість суцільні рубки мають значний негативний вплив на насадження (40%), що потребує зваженого підходу до планування таких робіт. Лісомеліоративні заходи також показують високий рівень позитивного впливу (80%), сприяючи покращенню екологічного стану лісів

Для ефективного пом'якшення негативного впливу, пов'язаного з деградацією насаджень, застосовуються різні стратегії управління, зосереджені як на природних, так і на змінених людиною системах. Рішення, засновані на природі, які включають додаткові переваги для біорізноманіття та добробуту людей, наголошуються як вирішальні стратегії. Ці рішення не тільки вирішують основні проблеми деградації насаджень, але й забезпечують супутні переваги, такі як збереження природи та захист ґрунту, тим самим підвищуючи загальну стійкість екосистем [31,с.154].

Крім того, інтеграція стратегій управління, які відповідають місцевим умовам, включаючи характеристики екосистеми, клімату та власності на землю, є важливою для пристосування зусиль до конкретних регіональних потреб, таким чином збільшуючи ймовірність успішних результатів пом'якшення. Також важливо, щоб ці стратегії підтримувалися нормативно-правовими базами, які покращують управління та підзвітність, забезпечуючи ефективний моніторинг зусиль із пом'якшення наслідків та звітування про них. Ці багатогранні підходи підкреслюють потребу в комплексних стратегіях управління, які є адаптивними, інклюзивними та здатними вирішити складні проблеми, пов'язані з деградацією насаджень.

Лісові насадження є важливим елементом екосистеми, що виконує не лише економічну, але й екологічну функцію. У сучасних умовах важливим завданням є збереження та раціональне використання лісових ресурсів. Філія «Надвірнянське ЛГ» виконує комплекс заходів для підтримання продуктивності та здоров'я лісів, проте різні види лісогосподарської діяльності мають неоднаковий вплив на стан лісових насаджень.

Лісовідновлювальні роботи у філії «Надвірнянське ЛГ» мають один з найпозитивніших впливів на лісові екосистеми. За даними, близько 85% насаджень, охоплених цими роботами, демонструють позитивні зміни. Лісовідновлення передбачає посадку молодих дерев, що сприяє відновленню лісового покриву та поліпшенню біорізноманіття. Здійснення таких робіт дозволяє швидко компенсувати площі, які було втрачено через природні чинники або лісозаготівлю. Ефективність цього заходу підтверджується його широким використанням і позитивними результатами [61,с.18].

Вибіркова санітарна рубка є необхідною частиною лісогосподарської діяльності, оскільки спрямована на видалення пошкоджених та хворих дерев. У філії «Надвірнянське ЛГ» ця практика охоплює значну частину насаджень і показує 70% позитивного впливу на стан лісу. Вибіркова рубка допомагає зберегти здоров'я насаджень, зменшити ризик поширення хвороб та

шкідників. Водночас, цей процес вимагає дотримання чітких критеріїв вибору дерев, щоб уникнути негативного впливу на загальну екосистему.

Суцільні рубки, незважаючи на їхню економічну доцільність, мають найбільш негативний вплив на стан насаджень. За період дослідження у філії «Надвірнянське ЛГ» приблизно 40% насаджень, що підпадали під суцільну рубку, зазнали негативних змін. Суцільна вирубка повністю змінює лісовий ландшафт, що може призводити до деградації ґрунтів, порушення водного балансу та втрати біорізноманіття. Щоб знизити негативний ефект, важливо впроваджувати програми лісовідновлення на вирубаних ділянках.

Охорона лісів та заходи з догляду за насадженнями займають центральне місце у лісогосподарській діяльності. Вони мають найвищий позитивний вплив (90%) на стан лісів у філії «Надвірнянське ЛГ». Ці заходи включають своєчасне усунення пошкоджених дерев, боротьбу з шкідниками та запобігання лісовим пожежам. У результаті таких дій значно покращується загальний стан лісових насаджень, збільшується їх стійкість до природних загроз.

Лісомеліорація має на меті поліпшення екологічного стану лісових територій. У філії «Надвірнянське ЛГ» цей вид діяльності охоплює насадження на площі близько 200 га та демонструє 80% позитивного впливу. Лісомеліоративні заходи сприяють відновленню ґрунтів, збереженню водного режиму та поліпшенню умов для зростання дерев. Вони є важливим інструментом у боротьбі з деградацією лісів.

Таким чином, лісогосподарська діяльність у філії «Надвірнянське ЛГ» спрямована на підтримання здоров'я та продуктивності лісових насаджень. Лісовідновлення, охорона та догляд за лісами мають найбільший позитивний вплив, забезпечуючи сталий розвиток лісових ресурсів. Водночас, негативний вплив суцільних рубок підкреслює необхідність застосування комплексного підходу до управління лісами, зокрема через активне впровадження лісомеліоративних заходів та санітарних рубок.

РОЗДІЛ 3. ПРОДУКТИВНІСТЬ БУКОВОСМЕРЕКОВИХ НАСАДЖЕНЬ У ФІЛІЇ «НАДВІРНЯНСЬКЕ ЛГ»

3.1. Оцінка продуктивності насаджень за запасом деревини

При оцінці продуктивності плантацій використовується кілька критичних показників, кожен з яких підкреслює унікальний аспект продуктивності плантації. Одним із основних показників є середньорічний приріст (MAI), який передбачає потенційну продуктивність шляхом вимірювання середньорічного збільшення об'єму або біомаси плантації за певний період. Цей показник дає уявлення про швидкість росту та загальний потенціал врожайності плантації. Іншим значущим фактором, що впливає на продуктивність, є розподіл асимілятів у деревині, який досліджує частку вуглеводів, вироблених фотосинтезом, які витрачаються на формування деревини. Цей розподіл має вирішальне значення, оскільки він безпосередньо впливає як на ріст, так і на структурну цілісність плантації, тим самим впливаючи на її довгострокову продуктивність [53,с.15].

Крім того, кількість світла, що перехоплюється пологом, відіграє важливу роль у визначенні продуктивності, оскільки вона прямо корелює з фотосинтетичною здатністю плантації. Ефективність, з якою використовується це перехоплене світло, додатково уточнює оцінки продуктивності, підкреслюючи важливість оптимізації використання світла для максимального зростання. Втрати смертності, що представляють частку дерев, які загинули до збирання врожаю, також впливають на вимірювання продуктивності, зменшуючи загальну біомасу та економічну віддачу плантації. Разом ці показники створюють комплексну основу для оцінки продуктивності насаджень, підкреслюючи необхідність інтегрованих методів управління, які підвищують темпи зростання, оптимізують розподіл ресурсів і мінімізують втрати.

Запас деревини відіграє вирішальну роль в оцінці продуктивності, особливо в плантаціях інтенсивного ведення господарства. Характеристики

деревини, такі як багатство порід і густота насаджень, можуть мати опосередкований вплив на продуктивність, впливаючи на ці лісові структури та їх здатність вловлювати та ефективно використовувати світло. Зокрема, підбір типу запасу під час штучного створення лісових насаджень може суттєво вплинути на успішність і продуктивність насаджень, оскільки він взаємодіє з іншими обробками для оптимізації умов зростання та використання ресурсів.

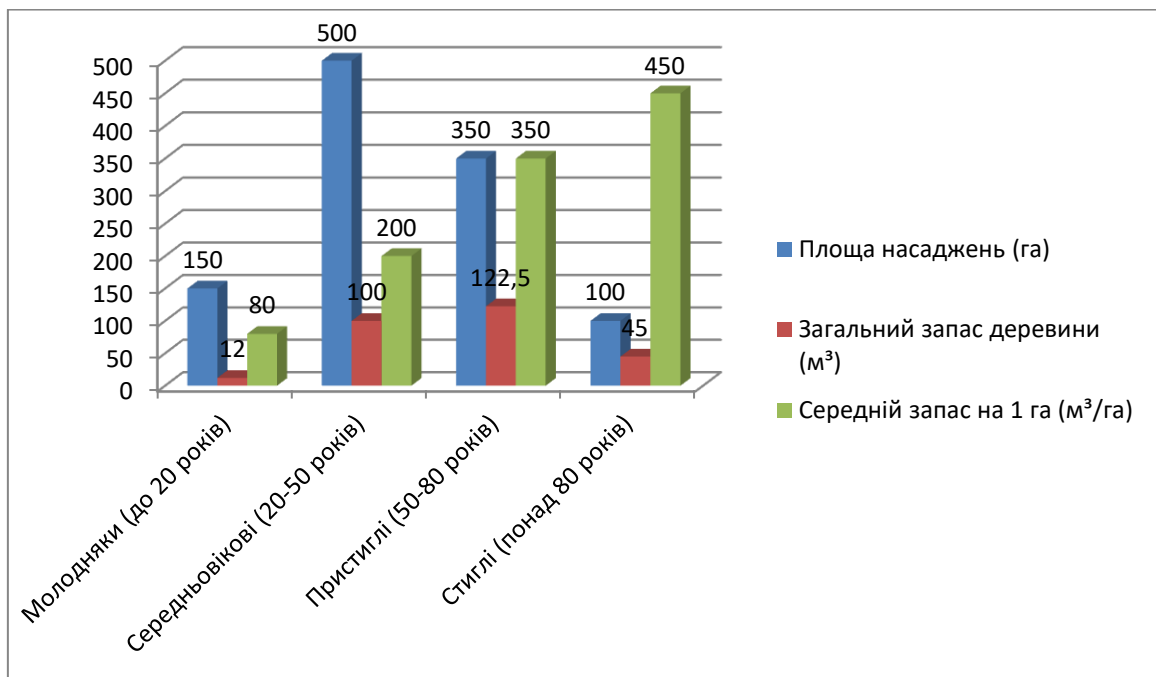


Рис.3.1. Оцінка продуктивності насаджень у філії «Надвірнянське ЛГ» за запасом деревини по вікових групах

Цей графік ілюструє розподіл площ насаджень за віковими групами та запасом деревини у філії «Надвірнянське ЛГ». Як видно, стиглі насадження мають найбільший середній запас деревини на 1 га, що свідчить про високу продуктивність старіших лісів. Середньовікові та пристиглі насадження також показують значний потенціал для використання, що підкреслює важливість збалансованого управління лісовими ресурсами [62,с.359].

Крім того, якість і характеристики деревини, як детально описано в дослідженнях, таких як В.Л. Гартнера є життєво важливими для оцінки економічної життєздатності цих плантацій, оскільки вища якість деревини

часто корелює з підвищенням прибутковості та ринкової вартості. Таким чином, оцінка запасів деревини полягає не лише в кількісному вимірі обсягу, але також передбачає розуміння взаємодії біологічних та економічних факторів, які впливають на продуктивність. Ця всебічна оцінка підкреслює важливість стратегічних втручань у відбір і управління запасами для підвищення результатів продуктивності лісових насаджень.

Дослідження тенденцій продуктивності в «Надвірнянському ЛГ» вимагає ретельного вивчення історичних даних, які відображають як практику господарювання, так і видовий склад регіону. У лісових насадженнях Надвірнянського ЛГ значну роль відіграють інтенсивні методи господарювання, які, як було зазначено раніше, сприяють підвищенню продуктивності шляхом пом'якшення обмежень місця, деревостану та біологічних обмежень. Це означає, що історичні дані про продуктивність повинні включати варіації в стратегіях управління та їх результати з часом. Враховуючи глобальне зростання попиту на деревну біомасу, ці практики, ймовірно, узгоджуються з ширшими тенденціями, що спостерігаються в усьому світі, де існує поштовх до максимізації ефективності виробництва в лісових екосистемах.

Крім того, розуміння історичного контексту вимагає визнання потенціалу екзотичних і місцевих видів сприяти накопиченню біомаси та поглинанню CO₂, які є критичними факторами, що впливають на довгострокові тенденції продуктивності. Таким чином, інтеграція цих елементів в аналіз продуктивності забезпечує повне уявлення про те, як історичні практики та варіації видів сформували поточні рівні продуктивності. Оцінка цих тенденцій має вирішальне значення для формулювання стратегій, які збалансовують екологічну стійкість з економічними цілями, гарантуючи, що майбутні втручання в Надвірнянське ЛГ будуть одночасно обґрунтованими та ефективними [48,с.172].

Кількісна оцінка запасів деревини в процесі оцінки передбачає комплексний підхід, який враховує різні фактори, що впливають на обсяг і

якість дерев. Критичним компонентом цього процесу є вимірювання комерційного об'єму, який включає суму об'ємів колод, які були б отримані, якби дерево було зрубано, розколотоване та лущене. Це передбачає оцінку потенційної втрати об'єму через видимі зовнішні дефекти, що вимагає досвіду та знань, характерних для даної породи дерев. Для точної оцінки об'єму лісівники часто використовують таблиці об'єму, засновані на таких вимірюваннях, як діаметр на висоті грудей (DBH) і оцінки кількості 16-футових колод, які є вирішальними для визначення об'єму дерев, що стоять.

Таблиця 3.1

Оцінка приросту деревини в насадженнях філії «Надвірнянське ЛГ»

Тип насаджень	Площа (га)	Загальний річний приріст деревини (м³/рік)	Приріст на 1 га (м³/га/рік)
Букові насадження	400	7,200	18
Смерекові насадження	500	12,000	24
Змішані насадження	200	3,400	17
Інші насадження	100	1,600	16

Таблиця 3.1 демонструє приріст деревини в різних типах насаджень у філії «Надвірнянське ЛГ». Найвищий приріст на 1 га спостерігається у смерекових насадженнях, що свідчить про їх високу продуктивність у регіоні. Букові та змішані насадження також показують стабільні прирости, що вказує на їх значну роль у загальній лісовій продуктивності. Дані допомагають планувати раціональне використання ресурсів та забезпечувати сталий розвиток лісового господарства.

Крім того, для забезпечення сумісності з уподобаннями потенційних покупців і підвищення надійності таблиць об'єму дощок рекомендується вибрати відповідні правила для журналу, такі як International, Scribner або Doyle. Незважаючи на те, що ці методи забезпечують основу для оцінки запасів деревини, процес оцінки повинен узгоджуватися з практиками сталого управління лісами, щоб гарантувати, що чистий річний приріст запасів деревини не буде перевищено під час заготівлі. Цей комплексний підхід підкреслює потребу в точних та адаптованих методологіях кількісного

визначення запасів деревини для досягнення як екологічних, так і комерційних цілей.

Для розуміння ключових факторів, що впливають на запас деревини в «Надвірнянському ЛГ», важливо враховувати біологічні та екологічні елементи, які впливають на лісові екосистеми. Одним з важливих факторів є наявність конкуруючої рослинності та популяцій шкідливих організмів, таких як тварини, комахи та мікроорганізми, які можуть перешкоджати росту дерев і зменшувати запаси деревини [23,с.64].

Крім того, кліматичні умови, включаючи температуру та вплив сонячного світла, відіграють вирішальну роль у щільності та якості виробленої деревини. Дерева, розташовані в більш теплому кліматі, виграють від більшої доступності сонячного світла та води, що призводить до більш щільної деревини, тоді як дерева в більш прохолодному кліматі можуть не досягти такої ж щільності. Крім того, антропогенна діяльність, така як вирубка лісів для заготівлі деревини, значно впливає на запаси деревини, оскільки попит на деревину збігається з розширенням орних земель, що призводить до масштабного виснаження лісів. Вирішення цих факторів потребує багатостороннього підходу, включаючи практику сталого лісового господарства, ефективне управління популяціями шкідників та стратегії адаптації до клімату для забезпечення довгострокової стійкості деревних ресурсів у «Надвірнянському ЛГ».

Кореляція між запасом деревини та станом плантації нерозривно пов'язана з екологічними та біологічними параметрами плантації. Наприклад, оптимальна щільність посіву має вирішальне значення для підтримки рівня продуктивності та збільшення здатності до зберігання вуглецю, оскільки відхилення від цього балансу можуть призвести до зменшення біомаси та потенціалу поглинання вуглецю.

Крім того, деревина є значним поглиначем вуглецю та є відновлюваним ресурсом, який відіграє вирішальну роль у зменшенні викидів вуглекислого газу, підкреслюючи його екологічну важливість. Ця

характеристика деревини не тільки підтримує екологічну стійкість насаджень, але й підкреслює багатофункціональні переваги збереження здорових запасів деревини. Крім того, наявність сумішей видів, особливо тих, що включають види, що фіксують азот, може посилити ріст деревини та ефективність використання води, таким чином сприяючи загальному здоров'ю та стійкості насаджень. Ці фактори разом підкреслюють необхідність стратегічного втручання в управління плантаціями, зосереджуючись на різноманітності видів, щільності насаджень та оптимізації запасів деревини для забезпечення довгострокової стійкості та екологічної стійкості.

3.2. Аналіз росту і розвитку деревостану в залежності від лісівничих заходів

Стратегії лісорозведення суттєво впливають на висоту та діаметр дерев, насамперед через модуляцію густоти насаджень та просторову конкуренцію. Оскільки лісонасадження збільшує густоту насаджень, це загострює просторову конкуренцію між окремими деревами, що може призвести до зменшення розміру крони та потенційно обмежити ріст у висоту та діаметр дерев. Це особливо очевидно для таких видів, як алепська сосна, де було показано, що висока густота насаджень зменшує реакцію росту на стресові чинники навколишнього середовища, такі як посуха в довгостроковій перспективі [12,с.96].

Крім того, структура лісу, яка включає домінуючу висоту дерев і частку прогалів, є критично важливим чинником темпів росту. Ці структурні характеристики впливають на варіабельність тенденцій росту між поточними та потенційними умовами лісу, підкреслюючи важливість стратегічного планування лісорозведення для оптимізації росту дерев. Таким чином, ретельний розгляд густоти насаджень і структури лісу має важливе значення для максимізації потенціалу росту дерев, гарантуючи, що зусилля з лісорозведення є стійкими та корисними в довгостроковій перспективі.

Роль якості та підготовки ґрунту в успіху лісонасадження є багатогранною, що сильно впливає на екологічні та біологічні результати таких проектів. Зусилля з лісорозведення значно покращують структуру ґрунту та водоутримувальну здатність, особливо в посушливих регіонах, що має вирішальне значення для підтримки росту дерев і забезпечення довгострокової стабільності екосистеми. Ця покращена структура ґрунту також сприяє кращому кругообігу поживних речовин і збільшує вміст органічної речовини в ґрунті, що призводить до підвищення родючості ґрунту, що є життєво важливим для здоров'я та продуктивності новостворених лісів.

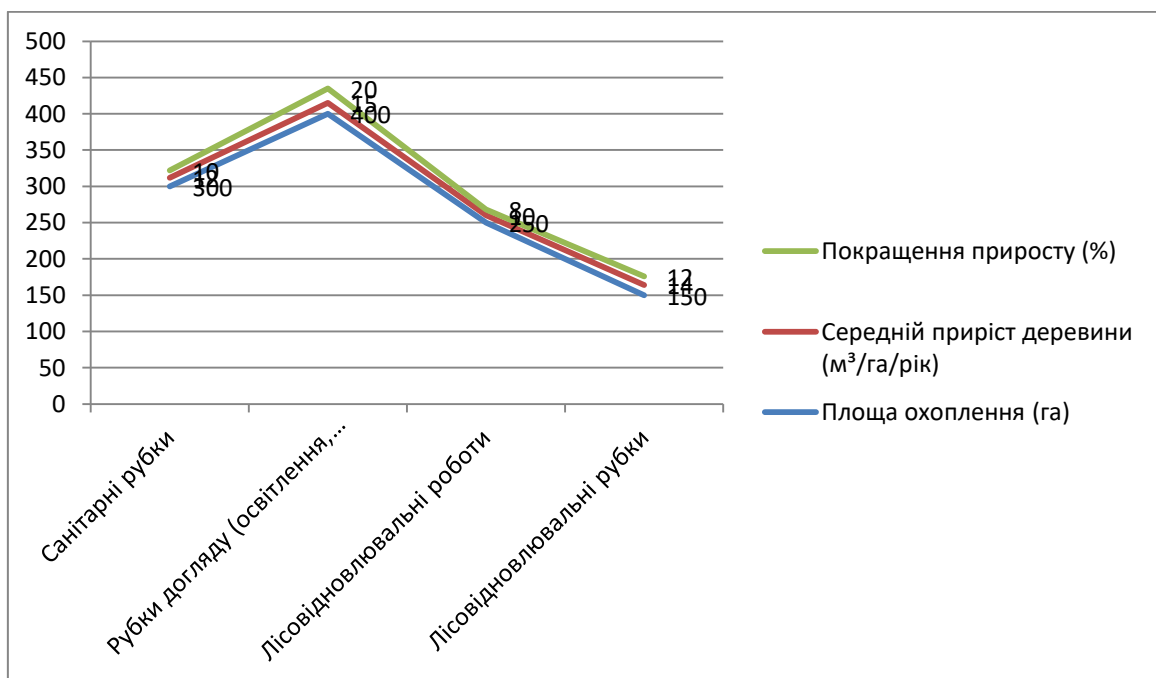


Рис.3.2. Вплив лісівничих заходів на ріст та розвиток деревостану у філії «Надвірнянське ЛГ» (за останні 5 років)

Цей графік 3.2 демонструє ефективність різних лісівничих заходів у філії «Надвірнянське ЛГ» на ріст та розвиток деревостану. Рубки догляду, які включають освітлення та прочищення, показали найбільше покращення приросту деревини на 20% [35,с.12]. Санітарні рубки та лісовідновлювальні рубки також сприяли підвищенню приросту, особливо в умовах боротьби з

хворобами та шкідниками. Таким чином, лісівничі заходи забезпечують покращення стану насаджень і продуктивності лісів.

Крім того, вибір породи дерев відіграє ключову роль; наприклад, настійно рекомендується використовувати місцеві види, оскільки вони більш вправні у відновленні деградованих екосистем і покращенні якості ґрунту порівняно з екзотичними видами, які можуть не значно покращити поживні речовини ґрунту. Крім того, деякі види, такі як *L. principis-rupprechtii*, виявилися особливо ефективними у підтримці або відновленні рівня азоту в ґрунті, що підкреслює важливість вибору відповідних видів для лісонасадження для досягнення бажаних результатів якості ґрунту. Враховуючи ці фактори, важливо проводити довгостроковий моніторинг поживних речовин у ґрунті та відповідно коригувати структуру деревних порід, щоб оптимізувати умови ґрунту та максимізувати успіх проектів лісорозведення. Таким чином, добре спланований підхід до підготовки ґрунту та вибору порід дерев є обов'язковим для стійкості та успіху ініціатив із лісонасадження.

Таблиця 3.2

Вплив лісівничих заходів на щільність і структуру деревостану у філії
«Надвірнянське ЛГ»

Лісівничі заходи	Щільність насаджень до заходу (дерев/га)	Щільність насаджень після заходу (дерев/га)	Покращення стану деревостану (%)
Санітарні рубки	500	450	+10
Рубки догляду	600	550	+15
Лісовідновлювальні рубки	450	400	+11
Захисні заходи	500	480	+5

Таблиця 3.2 показує зміни в щільності деревостану до і після застосування різних лісівничих заходів. Рубки догляду мають найвищий рівень покращення стану деревостану, зменшуючи щільність насаджень на 50 дерев на 1 га і водночас покращуючи їхню структуру на 15%. Санітарні рубки також продемонстрували позитивний вплив, допомагаючи зберегти здорові насадження та підвищити їх стійкість до зовнішніх факторів [42,с.67].

Вибір виду відіграє ключову роль у визначенні загальної швидкості росту деревостану, ілюструючи складну взаємодію між змішуванням видів, конкуренцією та керуванням густотою. Поєднання видів в межах деревного сусідства суттєво впливає на ріст дерев і насаджень, оскільки впливає на конкурентну динаміку та структурну конфігурацію лісу. Стратегічне поєднання видів може підвищити щільність насадження та сприяти сприятливій взаємодії, тим самим зменшуючи конкуренцію та підвищуючи темпи росту понад те, що можна досягти в монокультурах. Це особливо актуально в контексті відбору видів, оскільки управлінські рішення, засновані на поточних даних про ріст, є вирішальними для оптимізації результатів росту. Крім того, звичайні методи управління щільністю, якщо їх не скорегувати для врахування цих взаємодій, можуть призвести до значних втрат росту, підкреслюючи необхідність адаптивних стратегій управління щільністю для використання максимального потенціалу зростання. Ретельно відбираючи сумісні види та відповідним чином регулюючи щільність і моделі конкуренції, менеджери лісів можуть значно підвищити продуктивність і стійкість деревних насаджень, зрештою сприяючи більш надійній і стійкій лісовій екосистемі.

3.3. Вплив хвороб, шкідників та природних факторів на продуктивність насаджень

У «Надвірнянському ЛГ» на ріст і врожайність насаджень суттєво впливають різноманітні хвороби та шкідники, що можна віднести як до біотичних, так і до абіотичних факторів. Наявність шкідників і хвороботворних мікроорганізмів є критичною проблемою, оскільки вони чинять зовнішній тиск на плантації, впливаючи на надходження інокулята через вітер або комах-переносників. Цей тиск може призвести до зниження придатності господаря та конкурентоспроможності, що робить плантації більш сприйнятливими до подальших атак шкідників і хвороб.

Крім того, абіотичні стресори, такі як високі температури та умови посухи, загострюють ці проблеми, викликаючи збільшення спалахів лісових хвороб і комах-шкідників, що зрештою пригнічує ріст дерев і спричиняє загибель дерев. Ці стреси також змінюють взаємодію рослин і шкідників, підвищуючи сприйнятливість рослин-господарів до патогенних організмів і комах, тим самим посилюючи негативний вплив на продуктивність насаджень. Щоб пом'якшити ці наслідки, важливо впроваджувати комплексні стратегії управління, спрямовані як на боротьбу зі шкідниками, так і на зменшення абіотичних стресів, забезпечення стійкості та продуктивності насаджень у «Надвірнянському ЛГ» [24,с.112].

Вплив шкідників на продуктивність насаджень у цьому регіоні багатогранний, впливаючи на різні види дерев і географічні зони. Наприклад, значний шкідник, зареєстрований у 2013 році, завдав значної шкоди плантаціям *Acacia mangium* в центральному регіоні Хайленд, пошкодивши 3 гектари та підкресливши вразливість цих дерев до вторгнень шкідників. Шкідник-свердлиць, зокрема, був визначений як критична загроза, що призводить до занепаду та загибелі дерев, що серйозно підриває продуктивність насаджень через зменшення кількості життєздатних дерев і, як наслідок, урожайності.



Рис.3.3. Вплив хвороб на продуктивність насаджень у філії «Надвірнянське ЛГ»

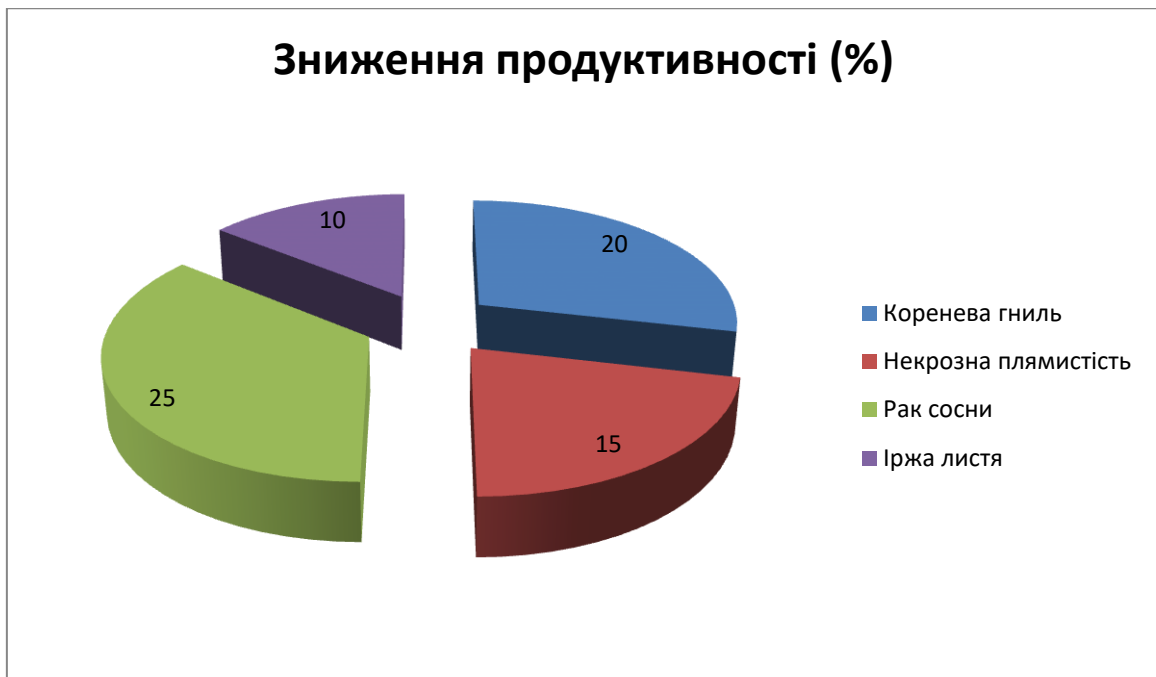


Рис.3.4. Вплив хвороб на продуктивність насаджень у філії «Надвірнянське ЛГ»

Хвороби мають значний вплив на продуктивність насаджень у філії «Надвірнянське ЛГ» [17]. Найбільші втрати продуктивності спостерігаються через рак сосни, що призводить до зниження продуктивності на 25%. Коренева гниль також вражає значну площу насаджень, знижуючи їхню продуктивність на 20%. Менші втрати пов'язані з іржею листя та некрозною плямистістю, що також впливає на стан дерев і їхній розвиток.

Таблиця 3.3

Вплив шкідників та природних факторів на продуктивність насаджень у філії «Надвірнянське ЛГ»

Шкідники/природні фактори	Площа ураження (га)	Зниження продуктивності (%)	Основні види дерев, що постраждали
Короїд	200	30	Ялина, сосна
Лісові пожежі	50	40	Бук, сосна
Вітровали	90	20	Ялина, ялиця
Посухи	180	25	Бук, ялиця

Шкідники та природні фактори також суттєво впливають на продуктивність насаджень у філії. Найбільші втрати викликає короїд, який знижує продуктивність на 30%, уражаючи ялинові та соснові насадження. Лісові пожежі мають найбільший вплив на бук та сосну, знижуючи продуктивність на 40%. Вітровали та посухи також негативно впливають на

розвиток насаджень, спричиняючи втрати до 25% у продуктивності деревостанів.

Сприйнятливість дерев усіх діаметрів і збільшення рівня зараження в міру старіння насаджень ще більше погіршують ситуацію, вказуючи на потреба в комплексних стратегіях управління. Крім того, інвазія не залишилася локалізованою; його поширення на Південно-Центральний регіон підкреслює зростаючу загрозу, що вимагає пильного моніторингу та заходів контролю, щоб запобігти подальшим економічним втратам. Взаємозв'язок цих факторів підкреслює важливість раннього втручання та розробки інтегрованих методів боротьби зі шкідниками, адаптованих до конкретних викликів, пов'язаних із цих шкідників у різних регіонах [33,с.124].

Природні фактори, зокрема абіотичні та біотичні стресори, суттєво впливають на продуктивність насаджень і вимагають комплексних стратегій управління для пом'якшення їх впливу. Фактори абіотичного стресу, такі як світло, температура, вологість, поживні речовини та умови ґрунту, є вирішальними факторами, що визначають ріст рослин і врожайність, і їх коливання можуть викликати серйозний стрес у рослин, порушуючи фази їх росту та продуктивність.

Водночас біотичні стреси, включно зі шкідниками та патогенами, як-от згаданий раніше бурильщик, посилюють ці проблеми, безпосередньо впливаючи на здоров'я та виживання рослин. Отже, управління цими стресовими факторами передбачає не лише оптимізацію абіотичних умов за допомогою зрошення, управління ґрунтом та адаптацію до клімату, але й впровадження інтегрованих стратегій боротьби зі шкідниками для зменшення впливу шкідників і хвороб. Крім того, розуміння взаємодії між цими факторами стресу в контексті зміни клімату є життєво важливим для планування ефективних стратегій управління, спрямованих на підтримку продуктивності плантацій. Звертаючись до цих взаємопов'язаних факторів, керівники плантацій можуть підвищити стійкість до флуктуацій

навколишнього середовища та біологічних загроз, тим самим стабілізуючи та потенційно підвищуючи продуктивність.

3.4. Рекомендації щодо підвищення продуктивності насаджень

Надвірнянське ЛГ наразі бореться з кількома проблемами продуктивності, які символізують ширші проблеми в лісовому секторі. Одним із основних викликів є необхідність сталої інтенсифікації плантаційного лісового господарства для задоволення зростаючого попиту на різноманітну лісову продукцію. Цей попит тисне на наявні ресурси та вимагає більш ефективних методів управління для максимізації результату. Практики інтенсивного господарювання мають вирішальне значення в цьому контексті, оскільки вони можуть значно підвищити продуктивність шляхом пом'якшення обмежень ділянки, насаджень та біологічних обмежень, які традиційно перешкоджають виробництву сухої речовини.

Такі прийоми не тільки сприяють оптимізації умов росту лісових насаджень, але й скорочують час до рубки, тим самим підвищуючи продуктивність в одиницю часу та мінімізуючи необхідність інтенсивного післяпосадкового догляду. Інтеграція цих практик має важливе значення для вирішення багатогранних проблем продуктивності, з якими стикається Надвірнянське ЛГ, що вимагає стратегічного підходу, який балансує між екологічною стійкістю та економічною життєздатністю. Це вимагає комплексних втручань, які охоплюють передові методи управління та інновації для створення середовища, сприятливого як для зростання, так і для сталого розвитку.

Для подальшого підвищення продуктивності плантацій надзвичайно важливо реалізувати конкретні стратегії, які стосуються як біологічних, так і екологічних аспектів управління плантаціями. Зосередження уваги на критичній фазі між сівозмінами, яка включає такі ключові дії, як збирання врожаю, підготовка ділянки та закладання насаджень, має першочергове значення для забезпечення стійкого підвищення продуктивності. Практика

управління протягом усього терміну сівозміни плантації, така як стратегічне внесення добрив і відповідний вибір видів, значно впливає на загальну продуктивність плантації [51,с.46].

Крім того, впровадження ефективних заходів боротьби з бур'янами має вирішальне значення для мінімізації конкуренції за ресурси, тим самим сприяючи кращому росту та підвищенню продуктивності. Ці стратегії мають бути підкріплені добре спланованими польовими експериментами, які включають відповідні обробки та вимірювання, щоб зрозуміти процеси, що впливають на продуктивність насаджень. Такі наукові підходи дозволяють керівникам плантацій адаптувати свої заходи на основі емпіричних даних, що в кінцевому підсумку призводить до підвищення продуктивності та стійкості. Таким чином, поєднання методів стратегічного управління та суворої експериментальної перевірки є важливим для досягнення оптимальних результатів продуктивності плантацій.

Для ефективного вимірювання та оцінки стратегій, спрямованих на підвищення продуктивності лісових насаджень, важливо використовувати комплексну систему оцінки, яка враховує як кількісні, так і якісні показники. Одним із критичних аспектів цієї оцінки є аналіз зменшення кількості місць, насаджень та біологічних обмежень, оскільки це ключові фактори, які впливають на виробництво сухої речовини. Систематично відстежуючи ці параметри, дослідники можуть визначити, якою мірою інтенсивні практики управління підвищили продуктивність. Крім того, ще одним важливим показником є час до збору врожаю; скорочені часові рамки вказують на збільшення продуктивності за одиницю часу та покращення ефективності, оскільки ці стратегії зменшують потребу в інтенсивному догляді після посадки.

Такі оцінки повинні бути інтегровані в більш широкий контекст сталого управління лісами, гарантуючи, що штучна реконструкція лісів не тільки збільшує продуктивність, але й сприяє збереженню та захисту природних лісових ресурсів. Застосовуючи ці оціночні заходи, зацікавлені

сторони можуть переконатися, що розгорнуті стратегії не тільки ефективні в короткостроковій перспективі, але й стійкі в довгостроковій перспективі, зрештою підтримуючи подвійні цілі продуктивності та збереження навколишнього середовища.

ВИСНОВКИ

Для ефективної оцінки продуктивності буково-смерекових насаджень сучасні методи роблять акцент на поєднанні традиційних і прогресивних методів. Традиційні підходи включають вимірювання висоти дерева, діаметра на висоті грудей (DBH) і щільності дерев, які забезпечують основні дані про ріст і структуру лісу. Досконаліші методи включають технології дистанційного зондування, такі як LiDAR і супутникові зображення, які пропонують детальний аналіз навісу та біомаси. Ці технології дозволяють лісівникам ефективно контролювати великі території, надаючи розуміння здоров'я дерев і моделей росту з часом. Крім того, інтеграція геоінформаційних систем (ГІС) дозволяє проводити просторовий аналіз і відображати тенденції продуктивності. Застосовуючи ці методи, лісівники можуть отримати всебічне розуміння продуктивності насаджень, сприяючи кращому управлінню та прийняттю рішень.

Останні тенденції темпів росту та врожайності буково-смерекових насаджень свідчать про багатогранну картину продуктивності. Дані нещодавніх досліджень показують збільшення темпів росту, що пояснюється вдосконаленням методів лісівництва та кліматичних умов, сприятливих для цих видів. Крім того, ці плантації продемонстрували стійкість до певних кліматичних стресів, зберігаючи постійну врожайність. Однак важливо підкреслити, що темпи росту можуть суттєво відрізнятися в різних регіонах через екологічні фактори, такі як родючість ґрунту та наявність вологи. Останні дані також свідчать про те, що, незважаючи на загальну тенденцію до зростання, спостерігаються періодичні коливання врожайності, що вимагає постійного моніторингу. Розуміння цих тенденцій допомагає прогнозувати майбутню продуктивність і відповідно коригувати стратегії управління.

Підтримання рівня продуктивності буково-смерекових насаджень становить кілька проблем, зумовлених насамперед екологічними та антропогенними факторами. Однією з ключових проблем є зміна клімату, яка

впливає на температуру та режим опадів, потенційно впливаючи на ріст і здоров'я дерев. Крім того, нашествия шкідників і хвороби становлять значну загрозу продуктивності насаджень, вимагаючи ефективних заходів управління та контролю. Діяльність людини, така як рубка лісу та зміни у землекористуванні, також впливає на продуктивність, що вимагає стійких практик для збалансування економічних і екологічних інтересів. Крім того, обмежені фінансові ресурси та робоча сила можуть перешкоджати впровадженню передових методів моніторингу та управління. Вирішення цих проблем потребує цілісного підходу, який поєднує наукові дослідження, формування політики та залучення громади для забезпечення сталості цих життєво важливих екосистем.

Сучасні методи господарювання в буково-смерекових насадженнях філії «Надвірнянське ЛГ» є ключовими для забезпечення здоров'я та продуктивності цих екосистем. Практика ретельно розроблена, щоб відповідати принципам сталого лісового господарства, наголошуючи на збалансованому використанні ресурсів і збереженні біорізноманіття. Ці методи включають регулярний моніторинг та оцінку росту дерев, здоров'я ґрунту та боротьби зі шкідниками для підтримки оптимальних умов плантації. Крім того, керівництво проводить вибірккову рубку, що сприяє збереженню екологічної рівноваги та дозволяє видобувати деревину. Впровадження цих практик гарантує, що плантація відповідає як економічним, так і екологічним цілям, тим самим сприяючи довгостроковій стійкості лісових ресурсів.

Інновації та технологічний прогрес трансформують управління буково-смерековими насадженнями, роблячи їх більш ефективними та стійкими. Запровадження технології дистанційного зондування та картографування ГІС підвищило точність інвентаризації та моніторингу лісів. Ці інструменти дозволяють створювати точні карти лісових масивів, відстежувати зміни в ландшафті та оцінювати стан насаджень у режимі реального часу. Крім того, інтеграція дронів для повітряного спостереження сприяє швидкому

виявленню зараження шкідниками та спалахів хвороб, що дозволяє своєчасно втручатися. Ці технологічні досягнення не тільки підвищують ефективність роботи, але й підтримують зусилля щодо збереження, надаючи на основі даних уявлення про динаміку лісів.

Майбутні плани щодо буково-смерекових насаджень зосереджені на розширенні, збереженні та стійкості для забезпечення їх довгострокової життєздатності. Зусилля щодо розширення спрямовані на збільшення площі насаджень за рахунок проектів відновлення та лісорозведення, що посилять поглинання вуглецю та підтримає біорізноманіття. Стратегії збереження розробляються для захисту існуючих лісових ресурсів від таких загроз, як зміна клімату та втручання людини. Ініціативи сталого розвитку включають сприяння агролісомеліорації, яка поєднує вирощування сільськогосподарських культур із лісовим господарством, забезпечуючи додаткові економічні вигоди для місцевих громад. Ці далекоглядні плани мають вирішальне значення для досягнення балансу між економічним розвитком і збереженням навколишнього середовища, гарантуючи, що плантації продовжуватимуть процвітати для майбутніх поколінь.

Узагальнюючи результати дослідження, можна стверджувати, що буковосмерекові насадження є важливою частиною лісової екосистеми регіону та потребують комплексного підходу до їх оцінки, зокрема у філії «Надвірнянське ЛГ». У роботі розглянуто основні біологічні та екологічні характеристики цих насаджень, що дозволяє глибше зрозуміти механізми їхньої продуктивності та розвитку.

Аналіз природно-кліматичних умов регіону вказує на те, що погодні умови мають суттєвий вплив на стан лісових масивів. Оптимальна температура, кількість опадів та вологість повітря є ключовими факторами, що визначають продуктивність лісових екосистем. Крім того, значну роль відіграє вплив антропогенних чинників, таких як лісогосподарська діяльність, що включає різні лісівничі заходи, зокрема заліснення, вирубки та санітарні рубки.

Дослідження показало, що сучасні методи оцінки продуктивності лісових насаджень дозволяють детально проаналізувати стан деревостану та його розвиток. Використання методів оцінки запасу деревини, спостереження за динамікою росту та впливом зовнішніх факторів дозволяє отримати об'єктивну картину продуктивності лісових насаджень у різних вікових категоріях.

У ході аналізу було виявлено значний вплив хвороб та шкідників на продуктивність насаджень, що підкреслює необхідність проведення профілактичних заходів для запобігання втратам деревини. Природні фактори, зокрема погодні умови, також можуть негативно впливати на стан насаджень, що потребує врахування при плануванні лісогосподарських заходів.

Загалом, дослідження дозволило виявити основні фактори, що впливають на продуктивність буковосмерекових насаджень, та дало змогу розробити рекомендації щодо підвищення їхньої ефективності. Це включає покращення лісівничих заходів, боротьбу з хворобами та шкідниками, а також удосконалення системи моніторингу стану насаджень для забезпечення сталого розвитку лісових екосистем регіону.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Абдулоєва О.С., Соломаха В.А. Фітоценологія. Київ: Фітосоціоцентр, 2011. 450 с.
2. Бабич Р. Ліси Карпат – важлива складова природно-ресурсного потенціалу України. Матеріали Міжнародної конференції. Рахів. 2002. Т.1. С. 241-245.
3. Байцар А. Історія походження та використання назви «Карпати». Вісник Львів. ун-ту серія географ. Вип. 50. Львів, 2016. С. 22–33.
4. Байцар А. Л. Типи верхньої межі лісу в Українських Карпатах та їх охорона. Вісник Львів. ун-ту серія географ. Вип. 40. Ч. I. Львів, 2012. С. 101–107. 6. Бойко М.Ф. Матеріали до Червоної книги України (Sphagnopsida, Bryopsida). Чорномор. бот. ж. 2015. 11 (4). С. 449–502.
5. Бандерич В. Я. Стан і завдання фітомоніторингу в національному природному парку «Сколівські Бескиди». Наукові записки Державного природознавчого музею. Львів, 2003. № 18. С. 169-174.
6. Безсонний В.Л., Пономаренко Р.В., Третьяков О.В., Калда Г.С., Асоцький В.В. Моніторинг екологічної безпеки водотоків за кисневими показниками. Техногенно-екологічна безпека. 2021. Т. 10, № 2. С. 75–83.
7. Бібік В.В., Винарчук О.О., Лук'янець О.І., Хільчевський В.К. Просторово-часова характеристика стоку річок басейнів Сула, Псел, Ворскла. Гідрологія, гідрохімія, гідро екологія
8. Бобух І. М. Пропозиції та перспективи формування національного багатства України: монографія. НАН України; Інститут економіки та прогнозування. Київ, 2010. 372 с.
9. Бочкор Г.М. Проблеми формування екологічно орієнтованого поведінкового механізму членів територіальних громад у зоні діяльності Карпатського біосферного заповідника. Матеріали міжнар. наук.-практ. конф. з нагоди 50- річчя організації Карпатського

- біосферного заповідника (Україна, м. Рахів, 22- 25 жовтня 2018 року).
Івано-Франківськ: НАІР, 2018. С 55 – 61 с.
- 10.Буджак В. В., Чорней І. І., Токарюк А. І. Інструкція з ведення та використання баз даних у середовищі MapInfo для сіткового картування раритетного біорізноманіття національних природних парків Буковини. Методичні рекомендації. Чернівці: Чернів. нац. ун-т, 2014. 36 с
 - 11.Буджак В. В., Чорней І. І., Токарюк А. І. Використання MAPINFO у флористичних та ценотичних дослідженнях: побудова тематичних карт. Чернівці: Чернів. нац. ун-т, 2016. 56 с.
 - 12.Вірченко В. М. Мохоподібні природно-заповідних територій Українського Полісся. Київ: ТОВ "НВП «Інтерсервіс», 2014. 224 с.
 - 13.Войтків П. С. Буроземи пралісів Українських Карпат. Львів. нац. ун-т ім. І. Франка. Львів. 2009. 244 с.
 - 14.Галич М. А. Агроекологічні основи використання земельних ресурсів Житомирщини. Житомир. Вид-во «Волинь». 2004. 184 с.
 - 15.Гамор Ф. Всесвітнє визнання букових пралісів Карпат: історія та менеджмент. Ужгород: ФОП Сабов А.М., 2017. 248 с.
 - 16.Геотуризм: практика і досвід. Матеріали III між нар. Наук.-практ. конф. (26- 28 квітня 2018, Львів). Львів: Каменярь, 2018. 256 с.
 - 17.Гнатів П. С. Динаміка природних ресурсів та інфраструктура для розвитку туризму у гірській частині Львівщини. Молодь у вирішенні екологічних та соціально-економічних проблем сьогодення. Матеріали Міжнародної науково – практичної конференції м. Кам'янець-Подільський. 2012 р.
 - 18.Гнатів П. С. Природні ресурси України. Львів . Камула. 2012. 216 с. С. 172–176.
 - 19.Гнатів П. С. Стан рослинного покриву і втрати екологічного потенціалу наземних екосистем у гірському регіоні Львівщини у зв'язку з їхніми середовищестабілізаційними функціями. Науковий вісник

- Національного ун-ту біоресурсів і природокористування України. 2009. № 135. К. НУБіП України. 2009. – С. 13–21.
- 20.Голубець М. А. Екологічна ситуація на північно-східному макросхилі Українських Карпат. Львів. Поллі. 2001. 162 с.
- 21.Голубець М. А. , Гнатів П. С. Концептуальні засади сталого розвитку гірського регіону. Львів. Поллі. 2007. 288 с.
- 22.Горєв Л.М., Пелешенко В.І., Хільчевский В.К. Гідрохімія України: Підручник. К.:Вища школа, 1995. 307 с.
- 23.Городецька Н., Василюк О. Правові аспекти проблем охорони видів Червоної книги України. Екологія, право, людина. 2012, № 15–16, С. 63–68.
- 24.Данилишин Б. М. Природно-ресурсний потенціал сталого розвитку України. К. 2005. 716 с.
- 25.Даус М., Кликач Н.. Багаторічна динаміка гідрохімічних показників річки Сула. Матеріали XXVII Всеукраїнської наукової інтернетконференції «Вітчизняна наука на зламі епох: проблеми та перспективи розвитку», 17 листопада 2016 р., Переяслав-Хмельницький Державний педагогічний університет імені Григорія Сковороди. С. 29-34
- 26.Даус М.Є., Кликач Н.В. Екологічна оцінка якості води у басейні річки Сула. Вісник гідромедцентру Чорного та Азовського морів. №1(21), 2018. С.137-143.
- 27.Даус М.Є., Кликач Н.В. Оцінка якості води у басейні річки Сула у роки різної водності. Шостий Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю (Екологія/Ecology,-2017), м. Вінниця, 20-22 вересня, 2017: збірник наукових праць. Вінниця: ВНТУ, 2017. с.102.
- 28.Дейнека А. М., Приндак В. П. Ліси національного природного парку «Сколівські Бескиди». Львів. Сполом. 2006. 176 с.
- 29.Довганич Я. О., Довганич В. Я. Система моніторингу ссавців у Карпатському біосферному заповіднику. Моніторинг та охорона

- біорізноманіття в Україні : Прикладні аспекти моніторингу та охорони біорізноманіття. Серія: «Conservation Biology in Ukraine». Вип. 16. Т. 3. Київ; Чернівці : Друк Арт, 2020. 528 с.
30. Екосистемні засади оцінювання збитків від забруднення навколишнього природного середовища. [Веклич О.О., Кобзар О.М., Колмакова В.М., Патока І.М.]. К.: ДУ ІЕПСР НАН України, 2019. 304 с.
31. Качмар Н., Жиліщич Ю., Лисак Г., Корінець Ю. Динаміка створення об'єктів природно-заповідного фонду у західній Україні. Теорія і практика розвитку агропромислового комплексу та сільських територій: матеріали XVIII міжнар. наук.-практ. форуму, присвяченого пам'яті інженера Я. Зайшлого (м. Дубляни, 20–22 вересня 2017р.). Львів: Ліга-Прес, 2017. С. 152–157.
32. Качмар Н. В. Аналіз основних причин зміни чисельності рідкісних представників червонокнижної фауни західної України. Наукові пошуки молоді у третьому тисячолітті: збірник матеріалів міжнародної наук.-практ. конф. молодих учених, аспірантів і докторантів (м. Біла Церква, 18–19 травня 2017 р.). Біла Церква, 2017. С. 40.
33. Качмар Н. В., Мазурак О. Т., Дидів А. І. Екологічний аналіз стану «червонокнижної» флори та причини зміни її чисельності в межах західного регіону України. Природоохоронні, екоосвітні, рекреаційно-туристичні та історико-культурні аспекти сталого розвитку Розточчя: матеріали Міжнародної наук.-практ. конференції, присвяченої 20-річчю створення Яворівського національного природного парку (сmt. Івано-Франкове, 20–21 червня 2018 р.). Львів: ЗУКЦ, 2018. С. 122–127.
34. Кликач Н.В., МЕГ-53 Динаміка якості води у басейні річки Сула за екологічною класифікацією. Науковий керівник: к.геогр.н., доц. Даус М.Є.. Тези. Матеріали XVI наукової конференції молодих вчених ОДЕКУ, 3-12 травня 2017 р.). Х.: ФОП Панов А.М., 2017. С.72-73.

- 35.Кликач Н.В., Даус М.Є. Оцінка екологічної обстановки за ступенем неблагополуччя річки Сула. Збірник наукових матеріалів XIV Міжнародної науково-практичної інтернет - конференції "Перспективні напрямки наукових досліджень" el-conf@ukr.net м. Вінниця, 24 листопада 2017 року. Ч.4, С.11-15.
- 36.Кликач Н.В., МЕГ-63 Гідрохімічний режим і оцінка якості води басейну річки Сула. Матеріали наукової конференції молодих вчених ОДЕКУ (4-10.05.2018). Одеса: ТЕС, 2018.
- 37.Коваленко С.Пономаренко Р. Застосування математичного апарату для визначення якості води поверхневих водних об'єктів (на прикладі річок Ворскла, Десна, Псел, Самара, Сейм, Сула). Національний університет цивільного захисту України. 2021. С.71-72
- 38.Ковальчук І.П., Курганевич Л.П. Гідроекологічний моніторинг: Навчальний посібник. Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2009. 254 с.
- 39.Корисні копалини Сумської області: Методичні вказівки до вивчення теми з курсу «Краєзнавство». Укладачі: А. О. Корнус, В. В. Чайка; Міністерство освіти і науки України, Сумський державний педагогічний університет ім. А.С. Макаренка. Суми: СумДПУ імені А.С. Макаренка, 2019. 28 с.
- 40.Кравців В.С. Гірська політика: міжнародні акти та світовий досвід. Львів. ІРД НАН України. 2005. 50 с.
- 41.Криницький Г. Т. Ліс – багатокомпонентний, поліфункціональний фактор стабілізації екологічного середовища і сталого розвитку суспільства, міжнародні аспекти, проблеми реалізації. Науковий вісник, збірник науково - технічних праць Українського державного лісотехнічного університету. УкрДЛТУ. Львів, 2009. – Вип. 14.7. Сучасна екологія і проблеми сталого розвитку суспільства. С. 8-11.

42. Матюха В.В. Мінерально-сировинний комплекс України в контексті сталого розвитку економіки. Економіка України. 2017. № 1(662). С. 64–79
43. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями. В.Д. Романенко, В.М. Жукинський, О.П. Оксіюк. А.В. Яцик, А.П. Чернявська та ін. К.: СИМВОЛ-Т, 1998.
44. Михайленко В., Минджов К., Близнюк М., Вербицький В. «Крок за кроком» – новий інструмент освіти для сталого розвитку. Фізична географія і геоморфологія. № 4 (88). Київ, 2017. С. 118-124.
45. Полукаров О. І. Охорона праці та цивільний захист: навч. посіб. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 289 с.
46. Природно-ресурсний потенціал України: забезпечення добробуту та екологічної безпеки населення: [монографія]. за заг. ред. акад. НААН України, д. е. н., проф. М. А. Хвесика. К.: ДУ ІЕПСР НАН України, 2021. 148 с.
47. Проблеми збереження гірських екосистем та сталого використання біологічних ресурсів Карпат. Матеріали міжнар. наук-практ. конференції з нагоди 50-річчя організації Карпатського біосферного заповідника (Україна, м. Рахів, 22-25 жовтня 2018 року). Івано-Франківськ: НАІР, 2018. 568 с.
48. Різун В. Б. Можливості використання інтернет-порталу «Біорізноманіття України» для вивчення і моніторингу біоти об'єктів природно-заповідного фонду України // Збірник матеріалів всеук. наук.-практ. конференції з міжнародною участю «Досвід та перспективи розвитку об'єктів природнозаповідного фонду Хмельниччини», до 5-ї річниці Національного природного парку «Мале Полісся» (м. Славута, 23-25 травня 2018 р.). Славута: ТОВ «Каліграф», 2018. С. 170-174.
49. Руденко В.П. Географія природно-ресурсного потенціалу України: у 3 ч. Чернівці: Чернівецький нац. ун-т, Ч. 3. 2018. 552 с.

- 50.Руденко В. П. Природно-ресурсний потенціал України. К.: Либідь, 2017. 150с.
- 51.Сагайдак Ю.В. Підприємницька діяльність як основна форма реалізації економічних прав людини. Теоретико-правовий аспект. Підприємництво, господарство і право. 2019. № 7. С. 44–48.
- 52.Смирнова В.Г. Роздуми гідролога щодо проблеми обміління річки Сули та заходів з її порятунку. Жити гідно. 2019.
- 53.Стрямець Г. В., Гребельна В. О., Скобало О. С. Основні характеристики температурного режиму повітря Розточчя в розрізі тривалих і короткочасних змін. Науковий вісник НЛТУ України. Львів, 2021. Т. 31, № 1. С 14–19.
- 54.Ткачук К. Н., Зацарний В. В., Зеркалов Д. В. Основи охорони праці. Київ: Основа, 2014. 456 с.
- 55.Шудренко І. В. Охорона праці в галузі : навч. посіб. Житомир: ЖНАЕУ, 2017. 136 с
- 56.Яценко Б. П., Бабарицька В. К. Країнознавство: основи теорії: навч. посібник. К.: Либідь, 2019. 312 с.
- 57.Cornwell W. K., Pearse W. D., Dalrymple R. L., Zanne A. E. What we (don't) know about global plant diversity. *Ecography*, 2019. №42(11). P 181–183.
- 58.JanauerG. A.Ecohydrology: fusing concept sand scales. *Ecol. Eng.* 2000. 16, N 1. P. 9 – 16.
- 59.*Journal of geology, geography and geoecology*. Volume 28 (3). Dnipropetrovsk, 2019. 252 p.
- 60.Rahman K., Barua S., Imran H. Assessment of water quality and apportionment of pollution sources of an urban lake using multivariate statistical analysis. *Cleaner Engineering and Technology*. 2021. Vol. 5. P. 1–13.

61. Sileika A.S. Analysis of variation in nitrogen and phosphorus concentration in the Nemunas river. Water management Engineering. Vilnius.-2005. Vol.2(5). P.15-24.
62. Stocker T. F., Qin D., Plattner G.-K., Tignor M. IPCC, Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. United Kingdom and New York. NY, USA: Cambridge University Press, 2014. 1535 p
63. Water Pollution Characteristics and Assessment of Lower Reaches in Haihe River Basin. X. Liu et al. Procedia Environmental Sciences: International Conference on Ecological Informatics and Ecosystem Conservation (ISEIS 2010), Beijing, 27–29 August 2010. Beijing, 2010. P. 199–206.