

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Навчально–науковий інститут лісового і садово–паркового господарства

ПОГОДЖЕНО
Директор ННІ лісового
і садово–паркового господарства

Василишин Р. Д.

(підпис) (ПІБ)
« _____ » _____ 2025 р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Т.в.о. завідувача кафедри таксації
лісу та лісового менеджменту

Миронюк В. В.

(підпис) (ПІБ)
« _____ » _____ 2025 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: Особливості росту соснових насаджень у
ВП НУБіП України «Боярська ЛДС»

Спеціальність: 205 «Лісове господарство»

Освітня програма: лісове господарство

Орієнтація освітньої програми: освітньо–професійна

Гарант освітньої програми

к. с.–г. наук, доцент

(підпис)

Бала О. П.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

к. с.–г. наук, доцент

(підпис)

Леснік О. М.

Виконав

(підпис)

Березинець С.В.

Київ – 2025

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

ІНСТИТУТ ЛІСОВОГО І САДОВО-ПАРКОВОГО ГОСПОДАРСТВА

ЗАТВЕРДЖУЮ

**Т.в.о. завідувача кафедри таксації лісу
та лісового менеджменту
доктор с.-г. наук _____ Миронюк В.В.
«_____» _____ 2024 року**

ЗАВДАННЯ

до виконання магістерської кваліфікаційної роботи студенту

Березинцю Станіславу Володимировичу

Спеціальність: 205 «Лісове і садово-паркове господарство»

Освітня програма: Лісове господарство

Орієнтація освітньої програми: освітньо – професійна

Тема випускної магістерської роботи: Особливості росту соснових насаджень у ВП НУБіП України «Боярська ЛДС»

Затверджена наказом ректора від 13 жовтня 2025 року № 2324 «С»

Термін подання студентом завершеної роботи на кафедру 21.11.2025 р.

Вихідні дані до роботи: Матеріали лісовпорядкування, матеріали тимчасових пробних площ, матеріали обміру модельних дерев, відібрані зразки деревини

Перелік завдань, які потрібно виконати:

1. Провести аналіз літературних джерел.
2. Описати методику виконання досліджень.
3. Навести характеристику лісодослідної станції.
4. Провести дослідження особливостей росту соснових насаджень.

Дата видачі завдання: 03 листопада 2024 року

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи _____ Леснік О. М.

Завдання прийняв до виконання _____ Березинець С.В.

РЕФЕРАТ

Дипломна робота викладена на 79 аркушах друкованого тексту, містить 4 розділи, 20 ілюстрацій, 5 таблиць, 4 додатки та 52 джерела в переліку посилань.

Перший розділ представлений оглядом літературних джерел згідно теми магістерської кваліфікаційної роботи. В розділі наведено огляд останніх актуальних наукових публікацій.

Другий розділ представлений наведеною методикою виконання польових та камеральних робіт, які були використані під час проведення дослідження. На основі отриманих даних величини радіального приросту після проведення камеральних робіт, у програмі *ImageJ*, проведено статистичний аналіз даних.

У третьому розділі представлено характеристику ВП НУБіП України «Боярська ЛДС» та наведено основні таксаційні показники соснових насаджень.

У четвертому розділі представлено дослідження особливостей ходу росту соснових насаджень. Представлено динаміку радіального приросту для молодняків та пристигаючих насаджень, розраховано відсоток поточного приросту по об'єму та встановлено залежність радіального приросту від кліматичних показників.

За результатами виконаної роботи наведені висновки та рекомендації виробництву.

Ключові слова: сосна звичайна, радіальний приріст, вплив змін клімату, річне кільце, математична модель

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	6
РОЗДІЛ 2 МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ РОБІТ ТА ХАРАКТЕРИСТИКА ДОСЛІДНИХ ДАНИХ	21
2.1 МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ РОБІТ	21
2.2 ХАРАКТЕРИСТИКА ДОСЛІДНИХ ДАНИХ	26
РОЗДІЛ 3 ХАРАКТЕРИСТИКА ЛІСОГОСПОДАРСЬКОГО ПІДПРИЄМСТВА	29
3.1. МІСЦЕЗНАХОДЖЕННЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЙНА СТРУКТУРА ЛІСОВОЇ ДОСЛІДНОЇ СТАНЦІЇ	29
3.2. ПРИРОДНО–КЛІМАТИЧНІ УМОВИ.....	30
3.3. ХАРАКТЕРИСТИКА ЛІСОВОГО ФОНДУ	32
РОЗДІЛ 4 ДОСЛІДЖЕННЯ РОСТУ СОСНОВИХ НАСАДЖЕНЬ	37
4.1. РАДІАЛЬНИЙ ПРИРІСТ	37
4.2. ВПЛИВ КЛІМАТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ НА РІСТ ТА РОЗВИТОК НАСАДЖЕНЬ	42
4.3 ПРИРІСТ ПО ОБ'ЄМУ	45
ВИСНОВКИ.....	56
РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	57
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....	58
ДОДАТКИ.....	64

ВСТУП

Актуальність теми. Дослідження особливостей росту соснових насаджень має важливе значення для науково обґрунтованого ведення лісового господарства в умовах змін клімату. Радіальний приріст стовбура є одним з основних показників стану дерев та відображає їх реакцію на зміну температури та опадів. У Боярській лісовій дослідній станції, що розташована в зоні Полісся та Лісостепу, соснові деревостани формують основу лісового фонду, виконують захисні та середовищеві функції, а також мають важливе ресурсне та наукове значення. Тому дослідження особливостей ходу росту соснових насаджень дозволяють оцінити їх поточний стан та наявність пошкоджень зовнішніми чинниками.

Метою досліджень є встановлення динаміки радіального приросту, поточного приросту за об'ємом та дослідження характеру впливу кліматичних показників на ріст та розвиток насаджень.

Головні завдання: беручи до уваги актуальність теми та мету магістреської кваліфікаційної роботи було визначено та сформовано наступні завдання:

- провести аналіз літературних джерел за вибраною темою дослідження;
- навести методичку проведення збору дослідного матеріалу та його обробки;
- проаналізувати таксаційну характеристику насаджень підприємства;
- провести дослідження радіального приросту соснових насаджень;
- дослідити поточний приріст за об'ємом соснових насаджень;
- провести дослідження впливу кліматичних показників на ріст та розвиток соснових насаджень.

Об'єктом дослідження є лісовий фонд ВП НУБіП України «Боярська лісова дослідна станція».

Предмет дослідження – особливості росту соснових насаджень.

Основні положення методики дослідження: для проведення дослідження в соснових деревостанах ВП НУБіП України «Боярська лісова дослідна станція» було проведено відбір зразків деревини (зрізів) на двох пробних площах віком 32 та 74 роки.

Відбір зразків деревини проводився за типовою методикою на висоті 0,0; 1,3 м та середині кожної двометрової секції. Датування зразків проводився у програмному забезпеченні *ImageJ* з встановленим плагіном *ObjectJ*. Всі подальші розрахунки проводились в програмі *Microsoft Excel*. Для математичного моделювання було використано степеневе рівняння.

Практична цінність отриманих результатів досліджень. Практична цінність отриманих результатів полягає у можливості їх використання для удосконалення лісогосподарського планування та надає можливість використання для оцінки продуктивності та стану соснових насаджень на основі радіального приросту та поточного приросту. Визначення ширини річного кільця дає змогу відстежувати хід росту стовбура за роками, що є надійним індикатором реакції деревостанів на зміну кліматичних умов.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

Онтогенез дерев супроводжується фізіологічними процесами росту та розвитку, які залежать від багатьох чинників навколишнього середовища таких як світло, тепло, вологість, забезпечення мінеральними речовинами, тощо. Важливу роль відіграє біологічна стійкість дерев, тобто їхня здатність протистояти нестійким умовам навколишнього середовища та адаптуватись до них, що відображається на величині поточного радіального приросту.

Дослідженням змін величини радіального приросту займалися багато науковців, зокрема Коваль І.М., Прокопук Ю. С., Гут Р. Т., Король М. М., Нецветов М. В., Мельник В. В., Зборовська О. В. та інші. У своїх працях вони висвітлювали особливості адаптації деревних порід до змін навколишнього середовища, акцентуючи увагу на впливі погодних, ґрунтових і гідрологічних умов, а також впливу шкідників та різних природних явищ.

У дисертаційному дослідженні Коваль І.М. «Дендрохронологічні засади оцінювання соснових і дубових деревостанів України» було досліджено соснові деревостани віком від 55 до 90 років, що ростуть в умовах свіжого бору (А2) та свіжого субору (В2). Результатом стала побудова регіональної деревно–кільцевої хронології дерев сосни звичайної в умовах Полісся [40].

Досліджено, що на радіальний приріст мають вплив кількість опадів в межах вегетаційного періоду (відхилення від норми – від 30 до 70 %), надзвичайно холодні (–56 %) та надзвичайно теплі зими (перевищення норми більше ніж втричі) та високі температури (відхилення норми до 18 %). В роки мінімального приросту, зменшення радіального приросту, у порівнянні з попереднім роком, становило від 20 до 56 %, а у роки максимального приросту, перевищення – від 24 до 60 %. До 1979 року на приріст суттєво мали вплив посухи вегетаційного періоду та низькі температури взимку, а після 1979 року посухи та теплі зими [4040].

Роки максимального приросту характеризувалися сприятливим співвідношенням тепла та вологи. Перевищення кількості опадів у порівнянні з нормою сягало понад 32 % у квітні–серпні, а упродовж вологих зим досягло майже 50 % [40].

Андрєєва О. Ю., Коваль І. М. та Смолін В. О. у праці «Рання та пізня деревина сосни звичайної в умовах різного ступеню освітлення» дослідили вплив освітленості на формування шарів ранньої та пізньої деревини у сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.). Для дослідження були відібрані три ділянки з різними умовами освітлення: відкрита, напівтіньова та затінена. Аналіз показав, що у відкритих умовах відбувається інтенсивніше наростання пізньої деревини, що свідчить про кращий фотосинтетичний режим та активніше камбіальне ділення клітин [22].

У затінених ділянках спостерігалось зменшення частки пізньої деревини та зниження загального приросту. Встановлено, що освітленість безпосередньо впливає на співвідношення ранньої і пізньої деревини, а отже – на фізико-механічні властивості деревини. Автори підкреслюють, що цей показник може використовуватись як діагностичний критерій для оцінки продуктивності та стійкості соснових насаджень [22].

З огляду на актуальність проблеми глобальних кліматичних змін, дослідження в цьому напрямку мають високу наукову та практичну цінність. У праці «Реакція радіального приросту *Pinus sylvestris* L. на зміну клімату в насадженнях Лівобережного Лісостепу», автори Коваль І. М. та Воронін В. О., досліджено вплив кліматичних чинників на річний приріст сосни звичайної в умовах Лівобережного Лісостепу України. Було проаналізували дендрохронологічні ряди приросту та визначено залежність між шириною річних кілець і показниками температури, опадів, а також гідротермічними коефіцієнтами. Встановлено, що найсуттєвіший вплив на приріст мають весняно-літні температури та кількість опадів у червні–липні. У роки з посушливими умовами спостерігається помітне зниження приросту, що свідчить про високу чутливість сосни до дефіциту вологи [38].

Кореляційний аналіз засвідчив позитивний зв'язок між індексами приросту та опадами, а також негативний – з температурами вегетаційного періоду. Отримані результати підтверджують, що зміни клімату, зокрема підвищення середньорічних температур і зниження кількості опадів, можуть призвести до зниження продуктивності соснових насаджень. Автори відзначають, що дендрохронологічні методи є ефективним інструментом для моніторингу впливу клімату на ріст дерев та прогнозування стійкості лісових екосистем до змін кліматичних умов [38].

У тезах доповіді «Вплив кліматичних змін на радіальний приріст *Pinus sylvestris* L. та *Quercus robur* L. у зеленій зоні м. Харкова» Коваль І. М. та Bräuning A. проаналізували реакцію сосни звичайної та дуба звичайного на зміну кліматичних умов у міських лісових екосистемах Харкова. Дослідження ґрунтується на дендрохронологічному аналізі понад 150 зразків деревини та багаторічних кліматичних даних [35].

Встановлено, що радіальний приріст сосни звичайної більшою мірою залежить від кількості опадів у травні–липні, тоді як дуб звичайний демонструє чутливість до температури та вологості ґрунту навесні. Найвищу кореляцію між кліматичними показниками та шириною річних кілець виявлено для показника вологості ґрунту scPDSI, що свідчить про важливу роль водного балансу у формуванні приросту [35].

Автори підкреслюють, що антропогенні зміни мікроклімату, зокрема підвищення температури та зниження вологості повітря в зелених зонах міста, спричинюють зниження приросту дерев і можуть впливати на їхню довготривалу стійкість. Дослідження має прикладне значення для планування міського озеленення та адаптації лісових насаджень до умов потепління клімату [35].

У статті «Радіальний приріст сосни звичайної у насадженнях Житомирського Полісся, в яких рубки догляду за лісом не проводять з часу аварії на ЧАЕС» Мельник В. В. та Зборовська О. В. розглянули вплив відсутності рубок догляду на ріст і розвиток соснових насаджень протягом тривалого періоду. Дослідження проведено на прикладі лісових культур Житомирського Полісся, де

після аварії на Чорнобильській АЕС рубки догляду не проводилися понад 30 років [45].

Автори встановили, що відсутність таких рубок призвела до зниження інтенсивності радіального приросту, підвищення конкуренції між деревами та погіршення санітарного стану насаджень. Спостерігалася чітка тенденція зменшення середнього приросту зі зростанням віку дерев та густоти деревостану. Зменшення простору живлення і дефіцит світла призвели до пригнічення росту в підлеглих ярусах, тоді як окремі панівні дерева частково зберігали здатність до стабільного приросту. Отримані результати підкреслюють важливість своєчасного проведення рубок догляду для підтримання оптимальної структури, стабільності та продуктивності соснових насаджень Полісся [45].

У праці «Вік і радіальний приріст старовікових дерев *Quercus robur* парку «Феофанія»» проаналізовано особливості вікової структури й інтенсивності приросту старовікових дубів у межах парку «Феофанія» (м. Київ). Дослідження проведено за допомогою дендрохронологічних методів із використанням кернів, відібраних буравом Преслера [46].

Авторами встановлено, що вік досліджуваних дерев сягає понад 300 років, а середній річний приріст коливається в межах 0,5–1,2 мм. Із віком спостерігається закономірне зниження інтенсивності приросту, проте окремі дерева демонструють періодичні «сплески» росту, що пов'язано з мікрокліматичними змінами та динамікою крони. Виявлено також, що значна частина дерев пережила фази ростової депресії, зумовлені поєднанням вікового фактора, антропогенного навантаження та коливань вологості ґрунту [46].

Отримані результати свідчать про високу адаптаційну здатність старовікових дубів до умов міського середовища. Автори підкреслюють важливість охорони цих дерев як унікальних біоіндикаторів довготривалих екологічних процесів і кліматичних змін [46].

У статті «Зміни радіального приросту в пошкодженому пожежею сосновому деревостані в західному Поліссі» Ворон В. П., Коваль І. М., Ткач О. М. та Сидоренко С. Г. представили результати дослідження впливу

низових пожеж на динаміку росту соснових насаджень віком близько 50 років [29].

Дослідники заклали пробні площі на двох ділянках – пройденою пожежею та контрольній, яка не зазнала впливу вогню. Результати свідчать, що після пожежі середній радіальний приріст дерев на пошкодженій ділянці зменшився на 60% порівняно з контролем. Упродовж перших років після події спостерігалось істотне зниження приросту, а в подальшому – поступове відновлення, яке не досягло початкових показників [29].

Аналіз за категоріями життєвого стану показав, що пригнічені дерева втратили до 75% приросту, тоді як панівні й надпанівні – 38% і 44% відповідно. Автори також зазначають, що депресія приросту зберігається тривалий час і посилюється у посушливі роки, що свідчить про довготривалий вплив пожежі на життєдіяльність деревостанів. Отримані дані підкреслюють необхідність моніторингу постпожежних екосистем та розроблення заходів з їх відновлення [29].

У статті «Радіальний приріст сосни звичайної на моренних відкладах Житомирського Полісся» Зборовська О. В., Краснов В. П., Ландін В. П. та Захарчук В. А. дослідили особливості росту соснових насаджень, сформованих на моренних відкладах різного гранулометричного складу. Метою дослідження було визначення впливу типу ґрунтів і вологості на інтенсивність радіального приросту дерев у типових умовах Полісся [32].

Автори встановили, що середній річний приріст сосни звичайної коливається в межах 2,3–3,6 мм залежно від вологості ґрунту та ступеня його ущільнення. Найвищі показники приросту характерні для насаджень на свіжих супіщаних ґрунтах із середнім рівнем вологості, тоді як у перезволожених умовах або на щільних моренних суглинках спостерігається зниження ростових процесів [32].

Крім того, виявлено, що в роки із надмірними опадами спостерігається короткочасне пригнічення приросту, а в посушливі роки – його різке скорочення.

Результати дослідження підкреслюють важливість урахування гранулометричного складу моренних відкладів під час оцінювання продуктивності соснових насаджень і планування лісогосподарських заходів у регіоні [32].

У статті «Climatic sensitivity of *Quercus robur* L. in floodplain near Kyiv under river regulation» Нецетовим М., Прокопук Ю., Дідухом Я. та Роменським М. розглянуто реакцію дуба звичайного (*Quercus robur* L.) на зміни клімату та гідрологічного режиму заплавної лісової території поблизу Києва. Автори застосували дендрохронологічні методи аналізу для визначення взаємозв'язку між шириною річних кілець та кліматичними показниками (температура, опади, індекс вологості scPDSI) за період 1880–2015 рр [16].

Встановлено, що найбільший позитивний вплив на приріст мають травнево-червневі опади та вологість ґрунту, тоді як високі літні температури зумовлюють зменшення приросту. Після гідротехнічного регулювання річки Сіверки спостерігається зниження кореляції між приростом та весняними опадами, що свідчить про зміну водного режиму заплави. У природних умовах до регулювання екстремальні повені негативно впливали на ріст дерев, тоді як у сучасний період дуби стали більш чутливими до весняної посухи та дефіциту вологи влітку [16].

Отримані результати засвідчують складну взаємодію між кліматичними та гідрологічними чинниками, що формують адаптаційні реакції дуба звичайного у заплавної екосистемах. Дослідження має важливе значення для прогнозування стійкості лісів до кліматичних змін і розроблення ефективних заходів з їхнього управління [16].

У статті «Is there Chernobyl nuclear accident signature in Scots pine radial growth and its climate sensitivity?» Нецетовим М. та ін. досліджено вплив аварії на Чорнобильській АЕС на радіальний приріст сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) та її кліматичну чутливість. Для аналізу використано дендрохронологічні ряди, отримані з кількох ділянок у зоні відчуження та за її межами, що охоплюють період до та після 1986 року [17].

Автори застосували стандартизовані індекси приросту, а також кореляційний аналіз між кліматичними факторами (температура, опади, вологість) і шириною річних кілець, щоб з'ясувати, чи мала катастрофа на ЧАЕС довготривалий вплив на ріст дерев. Результати показали, що безпосередніх наслідків радіаційного впливу на приріст не виявлено: зміни динаміки приросту після аварії переважно пояснюються кліматичними факторами. Водночас у найбільш забруднених районах виявлено короткочасне зниження приросту впродовж 1986–1990 рр., що може бути пов'язано з комплексом стресових умов – радіаційним впливом, посухами та змінами мікроклімату [17].

Загалом, реакція сосни на клімат залишилася стабільною, з переважним позитивним впливом літніх опадів та негативним впливом високих температур. Автори дійшли висновку, що кліматичні чинники мають більш вагомий ефект на приріст, ніж радіаційне навантаження, і що сосна звичайна зберігає високу екологічну пластичність у чорнобильських ландшафтах [17].

У статті «Вплив змін клімату на радіальний приріст сосни звичайної в насадженнях Боярської лісової дослідної станції» Романенком В. А. та Ковалевським С. Б. досліджено довгострокову динаміку радіального приросту *Pinus sylvestris* L. під впливом кліматичних коливань у межах Лісостепової зони України. Дослідження охоплює багаторічний період і базується на дендрохронологічному аналізі кернів, відібраних у деревостанах різного віку [51].

Автори встановили, що основними факторами, які впливають на приріст сосни, є кількість опадів у весняно-літній період та середньорічна температура. Високі температури у поєднанні з дефіцитом опадів призводять до зниження приросту, тоді як збільшення кількості опадів у червні–липні сприяє його посиленню. Визначено, що кліматичні стреси останніх десятиліть, зокрема часті посухи, стали причиною загального сповільнення ростових процесів [51].

Результати свідчать, що радіальний приріст сосни може бути використаний як індикатор кліматичних змін, оскільки чітко відображає тенденції потепління та зміни водного балансу. Автори підкреслюють необхідність адаптації

лісогосподарських заходів до нових кліматичних умов для підтримання стійкості лісових екосистем [51].

У статті «Вплив кліматичних чинників на радіальний приріст *Tilia cordata* (*Malvaceae s. l. / Tiliaceae s. str.*) у лісових біотопах Києва» Прокопук Ю. С., Конякін С. М. та Нецветов М. В. проаналізували реакцію липи дрібнолистої на зміну кліматичних параметрів у міських лісових екосистемах. Метою дослідження було визначення провідних кліматичних факторів, які впливають на ширину річних кілець липи у різних типах біотопів столиці України [49].

Автори встановили, що головним обмежувальним чинником росту є дефіцит опадів у весняно-літній період. Позитивна кореляція між приростом і кількістю опадів у травні–червні вказує на високу залежність виду від водного режиму. Натомість високі температури у червні–серпні спричиняють зменшення приросту, що узгоджується з реакціями інших листяних порід регіону. Крім того, у міських біотопах було відзначено пригнічення приросту, пов'язане з антропогенним впливом і підвищенням температурного фону [49].

Отримані результати свідчать, що липа серцелиста може бути використана як індикатор кліматичних змін у міських екосистемах. Виявлена чутливість до опадів і температури робить цей вид перспективним об'єктом для моніторингу стану лісів у межах урбанізованих територій [49].

У роботі «Методика оцінки динаміки радіального приросту дубових деревостанів в умовах атмосферного забруднення» Мазепа В. Г. представив підхід до вивчення закономірностей зміни приросту дуба звичайного (*Quercus robur L.*) у лісових екосистемах, що зазнають впливу промислових поллютантів. Автором розроблено методику оцінювання динаміки приросту, яка базується на дендрохронологічному аналізі та використанні ряду статистичних показників для визначення інтенсивності і тривалості впливу забруднення на деревостан [43].

Дослідження показало, що атмосферне забруднення призводить до зниження інтенсивності приросту дуба, збільшення варіабельності ширини річних кілець і сповільнення процесів відновлення після стресових періодів.

Автором виявлено, що найбільш чутливими до антропогенного навантаження є середньовікові та пристигаючі деревостани. Запропонована методика дозволяє кількісно оцінити вплив забруднення на динаміку радіального приросту й може бути використана для моніторингу екологічного стану лісів у зонах техногенного впливу [43].

У науковій статті «Наслідки впливу змін клімату та атмосферного забруднення на радіальний приріст сосняків в умовах Малого Полісся України» Мазепа В. Г., Криницький Г. Т. та Леонтьяк Г. П. розглянули взаємодію кліматичних чинників і техногенного забруднення на динаміку приросту сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) у регіоні Малого Полісся. Автори використали комплексний дендроекологічний підхід, що поєднує аналіз річних кілець з даними про метеорологічні умови та рівень атмосферних забруднювачів [44].

Результати свідчать, що зміни клімату, зокрема підвищення середньорічної температури та зменшення кількості опадів, у поєднанні з техногенним навантаженням, призводять до зниження інтенсивності приросту. У річних кільцях простежуються періоди депресій, синхронні з роками аномальної спеки або пікових викидів шкідливих речовин. Автори підкреслюють, що антропогенне навантаження підсилює негативний вплив кліматичних факторів, порушуючи водний баланс і знижуючи життєздатність дерев. У підсумку запропоновано рекомендації щодо використання дендрохронологічних показників як індикаторів екологічного стану соснових лісів у регіонах з підвищеним рівнем забруднення та кліматичним стресом [44].

У статті «Зміни радіального приросту *Pinus sylvestris* L. у Поліссі в осередках масового розмноження звичайного соснового пильщика (*Diprion pini* L.)» Андрєєва О. Ю. та Коваль І. М. дослідили вплив дефоліації, спричиненої масовим розмноженням шкідників, на динаміку приросту сосни звичайної у природних насадженнях Полісся [20].

Автори виявили, що внаслідок значного пошкодження хвої пильщиком відбулося помітне зниження річних приростів у дерев, причому найглибші депресії спостерігались у період максимального поширення шкідника. За

дендрохронологічними рядами простежено, що після припинення активності пильщика дерева поступово відновлювали приріст, однак навіть через кілька років рівень радіального приросту залишався нижчим від допошкодженого [20].

Також зазначено, що глибина ростової депресії прямо залежала від ступеня дефоліації – дерева, у яких збереглося понад 60 % хвої, мали значно кращі показники відновлення. Дослідження підтвердило, що пошкодження крони негативно позначається не лише на прирості поточного року, а й викликає відтермінований ефект зниження інтенсивності росту на кілька років вперед [20].

У статті «Радіальний приріст феноформ дуба звичайного (*Quercus robur* L.) у місцях масового розмноження зимового п'ядуна (*Operophtera brumata* L.)» Андрущенко Р. О. та Коваль І. М. дослідили вплив фітофагів на інтенсивність росту дубових деревостанів [23].

Автори провели порівняльний аналіз дерев різних фенологічних форм дуба звичайного, які зазнали пошкоджень унаслідок дефоліації зимовим п'ядуном. За допомогою дендрохронологічного методу було визначено періоди пригнічення камбіальної активності та оцінено тривалість ростових депресій [23].

Результати показали, що після масового розмноження п'ядуна уражені дерева продемонстрували зменшення радіального приросту на 30–40 % у порівнянні зі здоровими. Відновлення приросту тривало протягом 5–7 років. Пізньоформні феноморфи дуба проявили вищу стійкість до дефоліації, ніж ранні, що свідчить про можливу адаптивну перевагу пізніх форм у зонах із високим рівнем біотичних стресів [23].

Автори також зазначили, що рівень чутливості до кліматичних чинників у дерев після пошкодження змінюється – зростає залежність приросту від гідротермічних умов весняного періоду. Це вказує на важливість урахування комплексного впливу біотичних і кліматичних факторів при оцінці стійкості дубових насаджень [23].

У статті «Динаміка радіального приросту дерев, пошкоджених пожежею, в соснових насадженнях Лісостепової зони Харківщини» Коваль І. М.,

Токарева Н. А., Невмивака М. О. та Воронін В. О. проаналізували зміни радіального приросту *Pinus sylvestris* L. після впливу низових пожеж [39].

Автори дослідили деревостани, що зазнали пожежі різної інтенсивності, та порівняли їх із контрольними ділянками. Згідно з результатами дендрохронологічного аналізу, відразу після пожежі спостерігалось різке зниження приросту – до 40–60 % у перші роки після пошкодження. Проте вже через 4–6 років у більшості дерев розпочиналося поступове відновлення ростових процесів [39].

Встановлено, що інтенсивність ростової депресії прямо залежала від ступеня обгорання кори та пошкодження камбію. У дерев із незначними термічними ушкодженнями приріст відновлювався швидше, а в сильно пошкоджених дерев простежувалося тривале пригнічення росту. Автори також відзначили, що кліматичні умови після пожежі (особливо кількість опадів у вегетаційний період) мали вирішальне значення для швидкості відновлення камбіальної активності [39].

Дослідження підтвердило, що радіальний приріст є інформативним індикатором реакції соснових насаджень на пірогенні фактори й може використовуватись для оцінки стійкості деревостанів після пожежних впливів [39].

У статті «Growth and physiological stability of pine stands of the Ukrainian Polissia» Леснік О., Блищик В., Одруженко А., Бегаль М. провели дослідження особливостей росту та фізіологічної стійкості сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) у насадженнях Полісся України. Автори застосували дендрохронологічний аналіз із використанням кернів, відібраних у Волинській і Житомирській областях, та статистичні методи оцінювання приростів. Встановлено, що середній радіальний приріст становить 1,79 мм, а його варіація з віком зменшується. Кореляційний аналіз показав обернений зв'язок між радіальним приростом і віком дерев ($r = -0,54$) та прямий між діаметром і віком ($r = 0,87$) [11].

Розроблені математичні моделі динаміки річних кілець і діаметра стовбура виявилися адекватними до експериментальних даних ($\Theta = 0,46-0,78$). За коефіцієнтами чутливості не виявлено суттєвих фізіологічних реакцій на короткотривалі стресові фактори. Найвищу стійкість соснові насадження демонструють у віці 50–60 років. Результати мають практичне значення для оцінки впливу кліматичних змін на ріст соснових лісів Полісся та для планування сталого використання лісових ресурсів [11].

У статті «Реакція на зміни клімату радіального приросту ясена звичайного в насадженнях Лівобережного Лісостепу» Коваль І. М. та Борисова В. Л. дослідили вплив кліматичних факторів на ріст *Fraxinus excelsior* L. у типових для Лівобережного Лісостепу умовах [37].

Дослідження базувалося на дендрохронологічному аналізі деревних кілець і кліматичних даних за кілька десятиліть. Автори встановили, що найбільший вплив на варіації приросту ясена мають температура повітря в літній період і кількість опадів у травні–липні. Високі температури при дефіциті опадів викликають зменшення приросту, тоді як помірно теплі й вологі роки сприяють активному росту деревини [37].

Було виявлено, що у більш старих насадженнях спостерігається вища чутливість до кліматичних стресів порівняно з молодшими деревостанами. Автори зазначили, що останні десятиліття характеризуються тенденцією до збільшення температур і частішими посухами, що призводить до посилення міжрічної мінливості приросту [37].

Результати свідчать про високу чутливість ясена звичайного до коливань гідротермічного режиму, що має враховуватися при веденні лісового господарства в умовах зміни клімату, особливо під час відбору деревних видів для створення змішаних насаджень і лісових культур [37].

У статті «Радіальний приріст дуба звичайного та ясена звичайного як індикатор стану лісових екосистем в умовах Новоград-Волинського фізико-географічного району» Коваль І. М., Бологов О. В., Нусбаум С. А. та Юзвінський Г. А. дослідили залежність радіального приросту дуба (*Quercus*

robur L.) та ясена (*Fraxinus excelsior* L.) від кліматичних і антропогенних чинників у регіоні з різним рівнем техногенного навантаження [36].

Автори використовували дендрохронологічний аналіз як основний метод оцінки стану деревостанів і виявлення довготривалих тенденцій росту. Було встановлено, що в межах досліджуваного району дуб звичайний демонструє більш стабільні темпи приросту, тоді як ясен звичайний виявляє вищу чутливість до змін клімату, особливо до дефіциту вологи та літніх температур [36].

Визначено, що мінливість приросту пов'язана не лише з кліматом, а й з локальними антропогенними факторами – зокрема, забрудненням повітря та змінами складу ґрунтових вод. Зниження приросту відзначалося у деревостанах, розташованих поблизу промислових об'єктів і транспортних артерій [36].

У результаті дослідження дуб і ясен запропоновано як біоіндикаторні види для моніторингу стану лісових екосистем. Автори наголошують, що аналіз динаміки приросту дає змогу не лише оцінювати вплив клімату, але й прогнозувати реакцію деревостанів на екологічні стреси в умовах потепління клімату [36].

У статті «The influence of surface fire on radial and height growth of *Pinus sylvestris* L. in forest-steppe in Ukraine» авторами Коваль І.М. та Сидоренком С.Г. досліджено наслідки низових пожеж для динаміки росту соснових насаджень у лісостеповій зоні України. Метою роботи було оцінити, як пожежі різної інтенсивності впливають на процеси відновлення та радіальний приріст дерев [8].

Під час дослідження закладено пробні площі у соснових насадженнях, що зазнали впливу низової пожежі, та на контрольних ділянках. Автори виявили, що у рік пожежі спостерігається різке зменшення приросту деревини, особливо в пригнічених екземплярів. Через три роки після пожежі приріст частково відновлюється завдяки зрідженню насадження й покращенню освітлення. Однак подальший аналіз показав, що відновлення не є сталим – у наступні роки приріст знову зменшується через пошкодження кореневої системи та підвищену конкуренцію за ресурси [8].

Результати підтвердили, що реакція дерев на пожежі залежить від їхнього стану, положення у ярусі та віку. Автори підкреслили важливість використання дендрохронологічних методів для кількісної оцінки наслідків пірогенних факторів і запропонували враховувати подібні дані при плануванні лісогосподарських заходів у післяпожежних екосистемах [8].

У науковій статті «Особливості радіального приросту фенологічних форм дуба звичайного (*Quercus robur* L.) у західному Лісостепу України» автори Новак А. А., Копій С. Л., Агій В. О. дослідили відмінності у рості ранньої та пізньої фенологічних форм дуба звичайного. Робота виконана з використанням стандартних дендрохронологічних і статистичних методик, що дозволило кількісно оцінити мінливість радіального приросту в умовах різних кліматичних коливань [47].

Автори встановили, що пізня форма дуба має певну перевагу в прирості, який у середньому становить 1,92 мм/рік, тоді як у ранньої форми – 1,83 мм/рік. Обидві фенологічні форми характеризуються слабкою чутливістю до змін зовнішніх факторів: коефіцієнт чутливості становить 0,07 для обох груп. Аналіз щорічних коефіцієнтів показав, що пізня форма дуба демонструє стабільнішу реакцію на кліматичні коливання, тоді як рання форма є більш вразливою до посух і перепадів температури [47].

Дослідження також засвідчило наявність стійких автокореляційних зв'язків, що вказує на подібність механізмів росту обох фенологічних форм. Незначні статистичні розбіжності між ними свідчать про близькість їхньої реакції на зовнішні чинники, що, у свою чергу, вказує на спільні адаптаційні властивості виду *Quercus robur* у регіоні дослідження [47].

У статті «Радіальний приріст соснових насаджень, створених з різною густотою в Житомирському Поліссі» Краснов В. П., Жуковський О. В., Зборовська О. В. та Мельник В. В. дослідили особливості росту соснових деревостанів залежно від початкової густоти культур. Дослідження виконано на базі тривалих спостережень за штучними насадженнями сосни звичайної (*Pinus*

sylvestris L.), які формувалися в умовах Полісся України без істотного втручання після створення [41].

Автори встановили, що густина насаджень має суттєвий вплив на інтенсивність радіального приросту дерев. Найбільший середній приріст спостерігається у насадженнях із середньою густиною, де поєднуються достатнє освітлення та помірна конкуренція між деревами. У густих культурах відзначається зменшення приросту через обмеження світла і вологи, тоді як у занадто розріджених – через нестачу мікрокліматичної стабільності та більшу вітрову дію [41].

Отримані результати підтверджують доцільність оптимізації густоти насаджень під час створення лісових культур. Дослідники зазначають, що баланс між густиною та ростовими умовами є визначальним чинником для формування продуктивних і стійких соснових лісостанів у регіоні [41].

Суттєвий внесок у дослідження радіального приросту лісових насаджень зробили такі вчені: Андрєєва О. Ю. [20-22], Андрущенко Р. О. [23], Ворон В. П. [27-28], Гут Р. Т. [30-31], Іванюк І. Д. [33], Коваль І. М. [34, 48, 50], Мазепа В. Г. [43-44], Приходько Н. Ф. [48], а також зарубіжні дослідники Adams H. D. [1], Andreu-Hayles L. [2], Bogino S. [2], Bose A. K. [3], Bouriaud O. [4], Cedro A. [5], Finley K. [6], Karpavičius J. [7], Mäkinen H. [13], Marquardt P. E. [14], Misi D. [15], Lavnyu V. [10], Levanič T. [12], Rolland C. [18], Vitas A. [19], які здійснювали дослідження радіального приросту різних деревних видів в різних куточках світу.

Висновки до 1–го розділу.

Проведено аналіз наукових публікацій, присвячених дослідженню радіального приросту деревних порід. На основі опрацьованих джерел узагальнено підходи до вивчення динаміки радіального приросту соснових насаджень та встановлено основні напрями подальших досліджень у цьому напрямі.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ РОБІТ ТА ХАРАКТЕРИСТИКА ДОСЛІДНИХ ДАНИХ

2.1 Методика виконання робіт

Для проведення дослідження у соснових насадженнях Плесецького лісництва Боярської ЛДС, в 415 кварталі 1 виділі та 269 кварталі 9 виділі, було закладено прямокутні пробні площі з рубкою модельних дерев. На площах було проведено суцільний перелік дерев та відібрано 20 модельних дерев методом пропорціонального ступінчастого представництва.

Відповідно до СОУ 02.02–37–476:2006 пробна площа закладається не ближче ніж на 30 м від квартальних просік, доріг, меж лісу, зрубів та інших категорій ділянок, некритих лісовою рослинністю, ділянок з порушеним ґрунтовим покривом або інших змінених територій. При цьому відбір ділянок здійснюється з урахуванням однотипності лісостанів за віковою структурою, складом, повнотою та іншими таксаційними характеристиками.

Розміри та форма пробної площі визначаються залежно від структури та віку деревостану. У лісових масивах із рівномірним розміщенням дерев по площі використовуються прямокутні або кругові пробні площі. Площа пробної ділянки залежить від насадження: для молодняків мінімальна площа становить 0,25 га за наявності щонайменше 400 дерев основного елемента лісу, для середньовікових насаджень не менше 200, для перестійних або низькоповнотних насаджень не менше 150 дерев. Після вибору форми та розмірів проводяться знімально-геодезичні роботи, які включають: прив'язку лісосіки, прорубування візирів та промір ліній. По кутах проби встановлюються стовпчики із відповідними підписами проби.

Після відмежування на пробній площі встановлюють тип лісорослинних умов (ТЛУ) та походження. Здійснюється перелік дерев у межах кожного деревного ярусу за елементами лісу, ступенями товщини і поділом дерев за категоріями технічної придатності на ділові, напівділові, дров'яні та сухостійні.

Величина ступеня товщини приймається 2 см за середнього діаметра насадження від 9 до 16 см, і 4 см при діаметрі 16 см і більше. До ділових слід відносити дерева, у яких довжина ділової частини в окоренковій частині стовбура становить 6,5 м і більше; до напівділових відносять дерева, протяжність ділової частини стовбура яких становить від 2 до 6,5 м; до дров'яних – менше 2 м.

З метою визначення середньої висоти насадження, вимірюються висоти 12–15 модельних дерев. Середні висоти елементів лісу, частка яких у складі насадження становить менше 5% визначають окомірно. Заокруглення вимірювань виконується залежно від висоти дерев і типу висотоміра.

На закладених прямокутних пробних площах, було проведено суцільний перелік дерев, виміряно діаметри на висоті 1,3 м за категоріями технічної придатності. Відповідно до методики було відібрано 20 модельних дерев методом пропорціонального ступінчастого представництва. Після відбору модельні дерева підлягали таксації на корені. З метою точного визначення віку дерева було зрізано якомога ближче до кореневої шийки, тому основу стовбура було очищено від підстилки. За допомогою мірної стрічки на ростучих деревах було зафіксовано відмітку висоти грудей (1,3 м), провівши крейдою лінію по периметру. При звалюванні дерев важливо запобігти пошкодженню зрізів та розтріскування окоренка стовбура. Після падіння дерева необхідно відшукати всі частини стовбура, у тому числі верхівку. У випадку втрати частини стовбура, таке дерево, краще замінити іншим. Після звалювання, дерево було очищено від гілок, залишивши при цьому першу живу та першу мертву гілку. Далі із заокругленням до 0,1 м, за допомогою рулетки було виміряно відстань від цих гілок до основи стовбура, а також визначено загальну довжину стовбура.

Перед відбором зрізів на зрубаному дереві по всій довжині була проведена суцільна лінія, яка необхідна для майбутнього орієнтування досліджуваних зрізів. Далі на очищеному від гілок стовбурі проведено розмітку на секції довжиною 2 м та позначено крейдою середини цих секцій, тобто непарні метри, а також основу верхівку – останній парний метр, на яких було відібрано зрізи для проведення подальших досліджень.

Відбір зрізів проводився починаючи від основи до верхівки, на нульовому зрізі, на висоті 1,3 м, середині кожної двометрової секції та основі верхівки. Якщо переріз потрапляв на мутовку, то зріз випилюється трохи вище, зафіксувавши цю відмітку для подальшого аналізу. Площина перерізу повинна бути перпендикулярною до повздовжньої осі стовбура. Робочою поверхнею на нульовому зрізі є верхня площина, на подальших зрізах – нижня. При маркуванні зрізів, на робочій поверхні чорнилом переносять мітку узгоджену з лінією-орієнтиром. Кожному зразку присвоюється відповідний номер, який проставляється на верхньому боці зрізу (нижньому – на нульовому зрізі). При нумерації зрізу дотримується такий порядок: у чисельнику вказується номер пробної площі та номер модельного дерева, в знаменнику номер зрізу та висота зрізу. Пронумеровані зрізи переносяться до місця проведення камеральних робіт.



Рис. 1.1. Відібрані зрізи для виконання аналізу ходу росту

З метою виконання подальших камеральних робіт, зрізи деревини були транспортовані у гарно провітрюване, але без доступу прямих сонячних променів приміщення, для природнього висихання перед їх обробкою. Після чого, на робочій стороні зрізу у двох взаємно перпендикулярних напрямках

проводились лінії, які проходили через серцевину стовбура. Напрямою першої лінії визначається положення мітки–орієнтиру, яку було перенесено на робочу поверхню зрізу. Вздовж цих ліній гострим інструментом зачищалися смужки шириною 1–2 см.

Для датування річних кілець у програмному продукті на ПК зрізи деревини було відскановано за допомогою мобільного телефону, а для попереднього масштабування зрізів у на них розміщувалася лінійка. Датування річних кілець проводилось від серцевини до кори на всіх зрізах у чотирьох напрямках. Слід уважно підійти до визначення фактичного віку дерева, який як правило є більшим на 1–2 роки порівняно з кількістю річних кілець на нульовому зрізі. Точний вік визначається, внівши відповідні зміни до кількості річних кілець на нульовому зрізі. Якщо на зрізі не видно мутовки, то до кількості річних кілець додають один рік, у іншому випадку – два роки. Зазначена поправка обов’язково враховується під час виконання розмітки тільки на нульовому зрізі.

Проведення датування річних кілець проводилося у програмному забезпеченні *ImageJ* з попередньо встановленим плагіном *ObjectJ* (рис.1.2, а). Першим етапом проведення датування річних кілець, є створення нового проекту у плагіні *ObjectJ*, після чого проводиться, прив’язка відсканованих зрізів, з попередньо присвоєними іменами відповідно до висоти відбору зрізу (рис.1.2, б). Для коректного вимірювання ширини річного кільця необхідно провести масштабування. Масштабування зрізів проводиться відносно вимірювального приладу (лінійки), за допомогою вбудованих інструментів *ImageJ*.

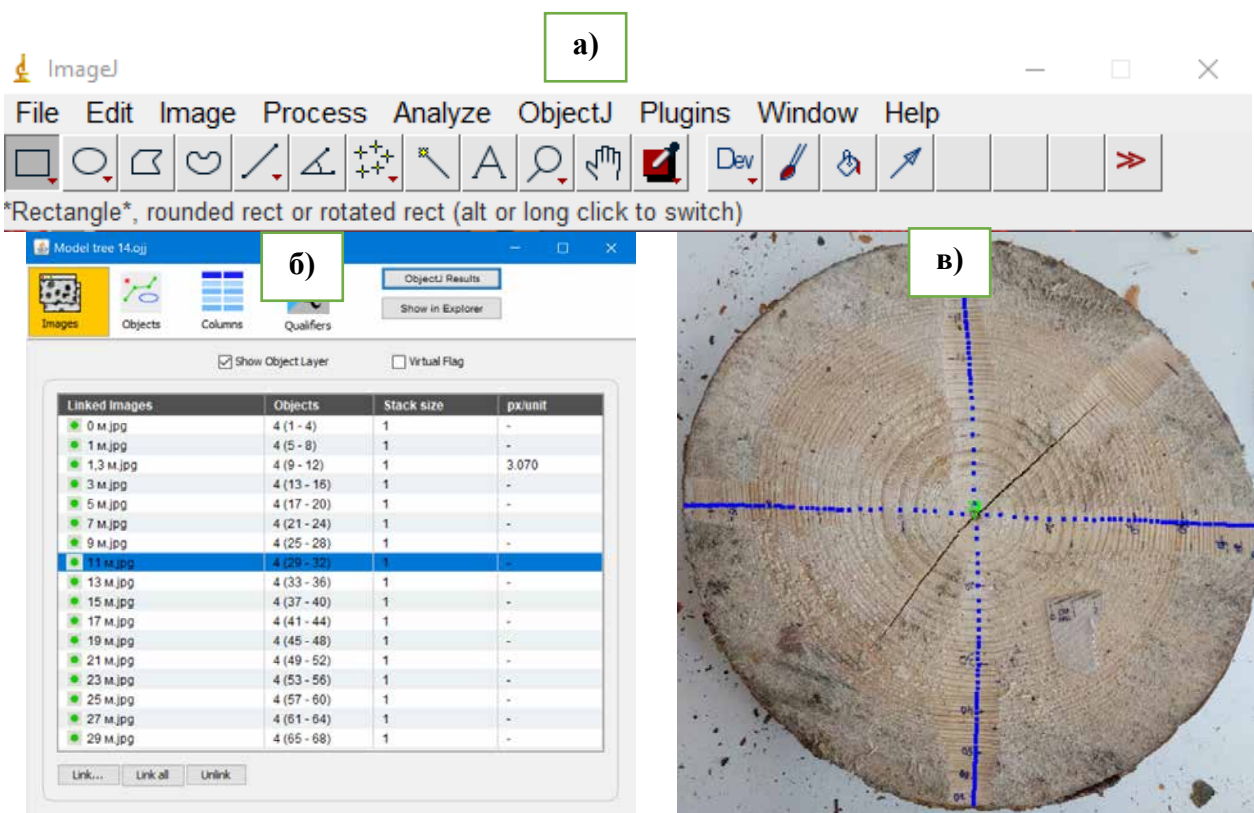


Рис. 1.2. Програмне забезпечення *ImageJ* з встановленим плагіном *ObjectJ*

В даному дослідженні орієнтиром для встановлення масштабу була використана лінійка з ціною поділки в 1 мм, з якою були попередньо відскановані всі відібрані зрізи деревини. Перед початком датування проводиться контрольний вимір, для перевірки правильності масштабування, беремо випадковий зріз та за допомогою лінійки з точністю до 1 мм вимірюємо відстань від серцевини до кори, також вимірюємо цю ж відстань за допомогою програми *ImageJ*. У випадку відсутності розходжень проводиться подальше датування річних кілець на зразках деревини. Провівши контроль встановлено, що відхилення менше 1 мм (менше 0,5 %), що є допустимим для продовження подальших досліджень.

В зв'язку з особливостями дослідження, датування річних кілець на всіх зрізах, проводиться від серцевини до кори, та у чотирьох напрямках (рис. 1.3. в) Враховуючи особливість проведення вимірів, необхідно враховувати, що при датуванні кілець у чотирьох напрямках, кінцева кількість річних кілець має бути

ідентичною для кожного напрямку. При наявності невідповідностей у вимірах кількості кілець, датування проводиться заново. Виведення даних відбувається у таблицю формату *Excel*, у якій виміри річних кілець згруповані до відповідного року їх утворення, що спрощує подальший аналіз поточного їх приросту. В результаті опрацювання зрізів отримано масив даних в якому зазначено вік та ширина річного кільця.

2.2 Характеристика дослідних даних

На основі проведеного датування річних кілець на відібраних зразках деревини у спеціальному програмному забезпеченні, було отримано динаміку ширини річних кілець. У табл. 2.1 наведено статистичну характеристику дослідних даних виконану на зрізах взятих на висоті 1,3 м, а детальна статистична характеристика по всіх зрізах на різних висотах наведена у Додатку А.1 та А.2.

Таблиця 2.1

Статистична характеристика дослідних даних

№ мод. дерева	Висота перерізу, м	Кількість кілець, шт	Ширина річного кільця, мм			Стандартне відхилення	Коефіцієнт варіації
			мінімальна	максимальна	середня		
1	1,3	28	0,61	9,09	3,43	2,21	64,4
2	1,3	29	0,98	9,74	3,57	1,82	50,9
3	1,3	25	0,55	9,30	3,44	2,20	63,8
4	1,3	25	0,55	9,30	3,44	2,20	63,8
5	1,3	25	0,55	9,30	3,44	2,20	63,8
6	1,3	25	0,97	14,40	3,23	2,18	67,5
7	1,3	26	0,97	11,73	3,79	2,35	62,1
8	1,3	27	0,64	9,10	3,66	1,81	49,4
9	1,3	66	0,27	8,32	1,71	1,66	97,4
10	1,3	67	0,47	6,35	1,98	1,29	65,1
11	1,3	62	0,35	7,40	2,21	1,67	75,3
12	1,3	64	0,32	6,96	1,63	1,16	71,0
13	1,3	67	0,15	0,92	0,33	0,14	43,9
14	1,3	70	0,28	7,55	2,11	1,47	69,3
15	1,3	62	0,57	8,50	1,87	1,21	64,6
16	1,3	70	0,27	7,33	1,86	1,22	65,5
17	1,3	63	0,56	7,17	2,02	1,18	58,2
18	1,3	65	0,56	7,33	2,13	1,18	55,1
19	1,3	65	0,50	6,72	2,09	1,22	58,0
20	1,3	67	0,79	6,87	2,19	1,15	52,5

В результаті проведеного аналізу на статистичними даними було встановлено:

- мінімальна ширина річного кільця стовбурів дерев сосни звичайної у даних насадженні становить 0,12 мм і виявлено це на четвертому зрізі тринадцятого модельного дерева;
- максимальна ширина річного кільця становить 15,41 мм. Виявлено на першому метрі, третього модельного дерева;
- середня ширина річного кільця для всього масиву даних становить 2,85 мм. Варіація динаміки ширини річного кільця знаходиться в межах від 13,9 % до 98,5%.
- сумарна кількість вимірних річних кілець на зрізах становить 40794 шт.

Дані середньої річної температури та річної суми опадів представлено у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

Динаміка середньорічної температури та річної суми опадів за період з 1920 по 2023 рр., Київ (обсерваторія)

Рік	Середньорічна температура, °С	Річна сума опадів, мм	Рік	Середньорічна температура, °С	Річна сума опадів, мм
1920	7,4	456	1921	7,7	424
1922	6,7	790	1923	7,6	748
1924	6,6	597	1925	8,3	664
1926	7,3	610	1927	7,1	597
1928	6,1	675	1929	6,0	552
1930	7,8	685	1931	6,2	669
1932	7,6	862	1933	5,4	925
1934	8,3	525	1935	7,1	558
1936	8,5	621	1937	8,2	753
1938	8,5	625	1939	8,4	557
1940	5,8	680	1941	–	–
1942	5,1	464	1943	–	–
1944	8,0	578	1945	6,5	418
1946	7,8	493	1947	7,2	891
1948	7,9	527	1949	8,3	557
1950	7,7	479	1951	8,0	517
1952	7,4	718	1953	7,4	487
1954	6,9	499	1955	7,6	607
1956	6,0	730	1957	8,3	545
1958	7,8	534	1959	7,6	445
1960	8,0	784	1961	8,4	504
1962	7,8	709	1963	7,0	431

Рік	Середньорічна температура, °С	Річна сума опадів, мм	Рік	Середньорічна температура, °С	Річна сума опадів, мм
1964	7,3	526	1965	6,6	611
1966	8,7	873	1967	8,0	699
1968	7,4	828	1969	7,5	748
1970	7,6	902	1971	7,8	733
1972	8,3	543	1973	7,8	569
1974	8,2	677	1975	9,7	395
1976	6,5	590	1977	7,6	717
1978	6,9	690	1979	7,8	613
1980	6,6	748	1981	–	–
1982	8,5	543	1983	–	–
1984	7,6	586	1985	6,2	686
1986	7,7	600	1987	5,8	668
1988	7,6	593	1989	9,6	673
1990	9,2	581	1991	–	–
1992	8,4	609	1993	7,3	689
1994	8,3	579	1995	9,3	662
1996	7,3	664	1997	7,6	633
1998	8,1	645	1999	9,4	626
2000	9,2	580	2001	8,8	632
2002	9,7	698	2003	8,2	553
2004	8,7	614	2005	8,7	722
2006	8,4	591	2007	9,9	633
2008	9,6	742	2009	9,4	434
2010	10,2	601	2011	9,1	579
2012	9,8	743	2013	9,4	805
2014	9,4	546	2015	10,5	451
2016	9,5	653	2017	9,8	590
2018	9,5	594	2019	10,6	521
2020	10,9	578	2021	9,2	533
2022	9,7	558	2023	10,8	673

З метою дослідження впливу температури та вологості клімату на формування поточного приросту насаджень сосни звичайної Боярської ЛДС, на базі метеостанції Центральної фізичної обсерваторії імені Бориса Срезневського, було зібрано показники температури та опадів за період з 1920 по 2023 рр., які наведені у табл.2.2. Детальні дані кліматичних показників по місяцях наведена у Додатку А.3 та А.4.

Висновки до 2-го розділу. У даному розділі описана методика збору дослідних матеріалів, а також детальний опис засобів, що були використані для їх обробки. Також наведено статистичні показники по всіх пробних площах, та наведено кліматичні показники, які використані для проведення дослідження.

РОЗДІЛ 3

ХАРАКТЕРИСТИКА ЛІСОГОСПОДАРСЬКОГО ПІДПРИЄМСТВА

3.1. Місцезнаходження та організаційна структура лісової дослідної станції

ВП НУБіП України «Боярська лісова дослідна станція» розміщена в центральній частині Київської області на території чотирьох адміністративних районів: Києво–Святошинського (6703 га), Васильківського (9846 га), Макарівського (1064 га) та Голосіївського району м. Києва (299 га). Лісові масиви станції площею 17 835 га віднесені до особливо цінних насаджень і входять у зелену зону м. Києва, а 790 га високопродуктивного лісу відведені під державні заказники.

Поштова адреса: вул. Лісодослідна, 12, Боярка, Київська область, 08151



Рис. 3.1. Адміністративна будівля Боярської ЛДС

Адміністративно–організаційна структура Боярської лісової дослідної станції наведена у табл. 3.1.

Таблиця 3.1

**Адміністративно–організаційна структура
ВП НУБіП України «Боярська лісова дослідна станція»**

№	Найменування лісництв	Адміністративний район	Загальна площа, га
1	Боярське	Фастівський, Обухівський, Бучанський, Голосіївський район м. Києва	7989,0
2	Плесецьке	Васильківський	9846,0
	Разом		17835,0

Розподіл площі станції між лісництвами є нерівномірним. Плесецьке лісництво займає 55 % загальної площі, оскільки його територія зосереджена у великих суцільних лісових масивах. Натомість у Боярському лісництві лісові ділянки мають менші площі та розташовані фрагментарно, переважно між населеними пунктами.

3.2. Природно–кліматичні умови

Боярська лісодослідна станція розташована в зоні помірно континентального клімату, що характеризується чіткою зміною сезонів, з теплим літом і холодною зимою. Середньорічна температура повітря становить приблизно +7...+8 °С, при цьому середня температура січня коливається в межах –6...–8 °С, а липня – +18...+20 °С.

Середньорічна кількість опадів становить 600–650 мм, більша частина яких випадає в теплий період року (весняно–літній сезон). Зима характеризується помірною кількістю снігу, що створює оптимальні умови для зимівлі багатьох лісових видів.

Ґрунтові умови на території Боярської ЛДС представлені переважно дерново–підзолистими ґрунтами, що мають середній рівень родючості і

забезпечують сприятливі умови для росту типових для регіону деревних порід – сосни, дуба, берези та інших.

Рельєф місцевості слабохвилястий, з переважанням низьких висот (100–200 м над рівнем моря), що сприяє формуванню оптимального водного режиму для лісових екосистем. Динаміка суми річних опадів по метеостанції Київ наведено на рис. 3.1

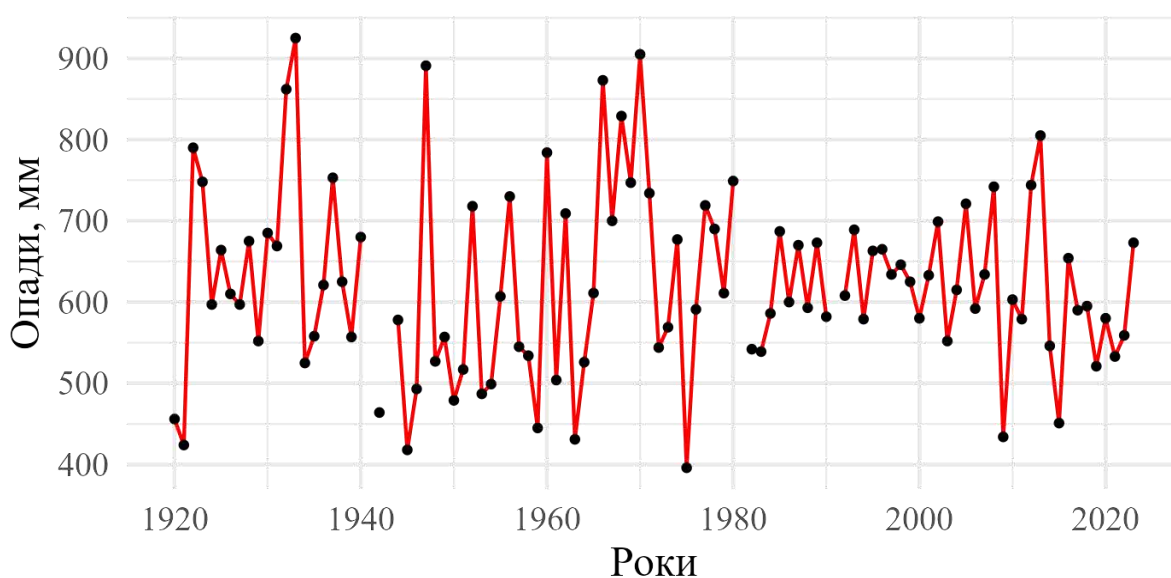


Рис. 3.1. Динаміка суми річних опадів по метеостанції Київ за період з 1920 по 2023 рр.

Згідно даних рис. 3.1 встановлено, що динаміка суми річних опадів коливалась від 420 до понад 900 мм за весь період спостережень. На графіку можна спостерігати виражену мінливість з 1920 по 1975 рр., з максимальним зафіксованим значенням 925 мм у 1933 році, та мінімальним 395 мм у 1975 році; з 1976 по 2009 рр сума опадів стабілізується на рівні 550 – 750 мм; з 2009 по 2023 рр. річна сума опадів змінювалась у діапазоні 450–800 мм із вираженою міжрічною мінливістю, мінімальним показником 434 мм у 2009 році, та максимальним 805 мм у 2013 році. Графічна ілюстрація динаміки середньорічної температури наведено на рис. 3.2

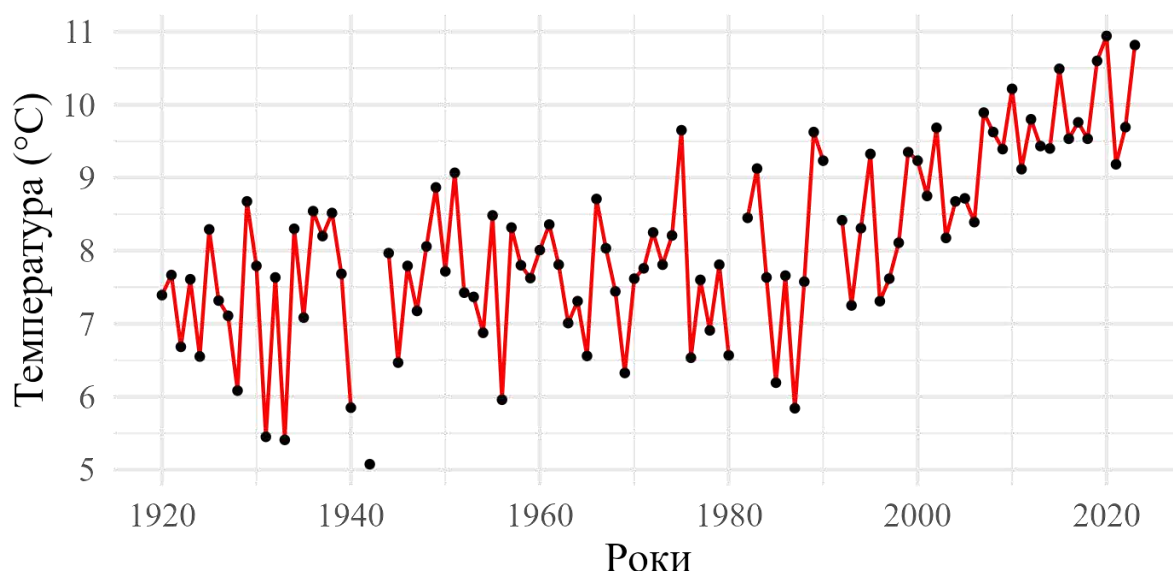


Рис. 3.2. Динаміка середньорічної температури по метестанції Київ за період з 1920 по 2023 рр.

Згідно даних рис. 3.2 встановлено, що показники середньорічної температури знаходяться в межах від 5,1 до 10,9 °С та спостерігається виражена тенденція до зростання середньої температури упродовж століття. У період з 1920 по 1990 рр. виражена міжрічна мінливість від 5,4 до 9,6 °С зі слабовираженою тенденцією до зростання та наявністю як холодних років (1942 р.) так і теплих (1975 р.).

Починаючи з 1990 року, є очевидною чітка тенденція до потепління, середньорічна температура частіше перевищує 9,0 °С, а з початку 2000-х років стабілізується на рівні 9,0–10,0 °С. У період з 2010 по 2020 рр. зафіксовано найвищі значення за весь досліджуваний період з піковим значенням у 10,9 °С у 2020 році. Характерною рисою періоду з 1990 по 2023 рр. є стрімке зростання середньорічних температур на тлі збереження річних коливань.

3.3. Характеристика лісового фонду

Нині, за матеріалами базового лісовпорядкування 2019 року, площа ВП НУБіП України «Боярська ЛДС» становить 17 835 га, з яких 92,4 % (16161,5 га) – лісові ділянки вкриті лісовою рослинністю. Розподіл площ вкритих лісовою рослинністю за породами наведена на рис. 3.3.

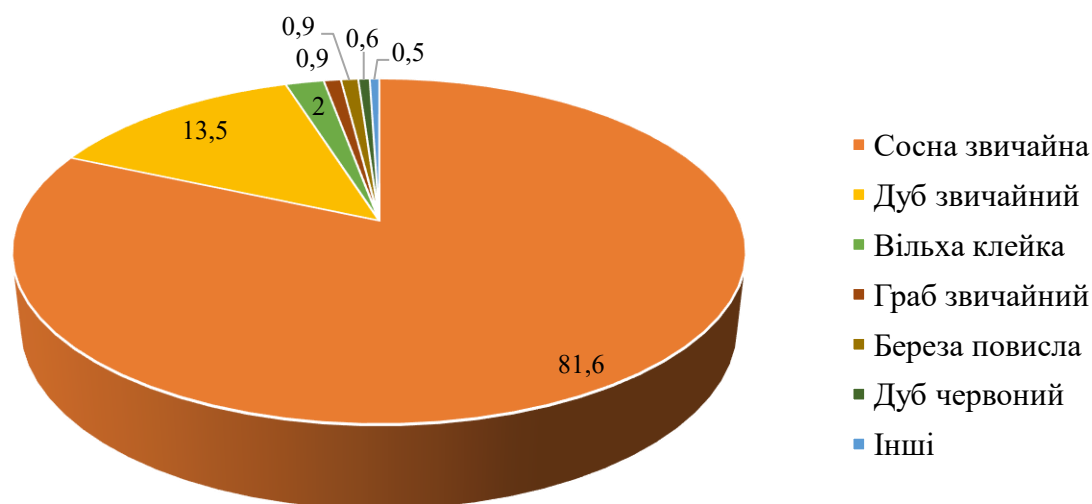


Рис. 3.3. Розподіл площі лісових ділянок вкритих лісовою рослинністю за переважаючими деревними видами, %

У лісовому фонді станції переважають насадження сосни звичайної (*Pinus sylvestris L.*) – 81,6 %, дуба звичайного (*Quercus robur L.*) – 13,5 %, вільхи клейкої (*Alnus glutinosa (L.) Gaerth.*) – 2,0 %, від площі вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок. На решті земель фонду підприємства зростають деревостани таких деревних видів як: граб звичайний (*Carpinus betulus L.*), береза повисла (*Betula pendula Roth.*), дуб червоний (*Quercus rubra L.*) та інші види (рис. 3.3).

Одним із найважливіших таксаційних показників, який характеризує структуру деревостанів є вік. Графічна ілюстрація розподілу площі насаджень підприємства за групами віку наведено на рис. 3.4

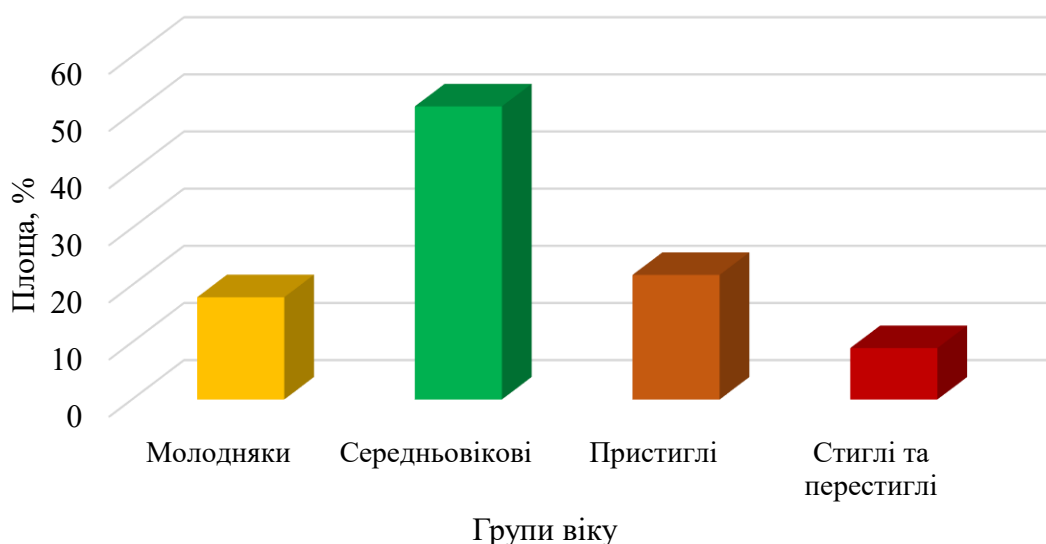


Рис. 3.4. Розподіл площі лісових ділянок вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок за групами віку, %

Згідно останнього лісовпорядкування на території Боярської лісової дослідної станції переважають середньовікові насадження (51,3 %), пристиглі насадження зростають близько на 21,8 % площ, пристиглі – 17,9 %, а стиглі та перестиглі – 9,0 % (рис. 3.4). Розподіл лісових ділянок вкритих лісовою рослинністю за класами бонітету наведено на рис. 3.5.

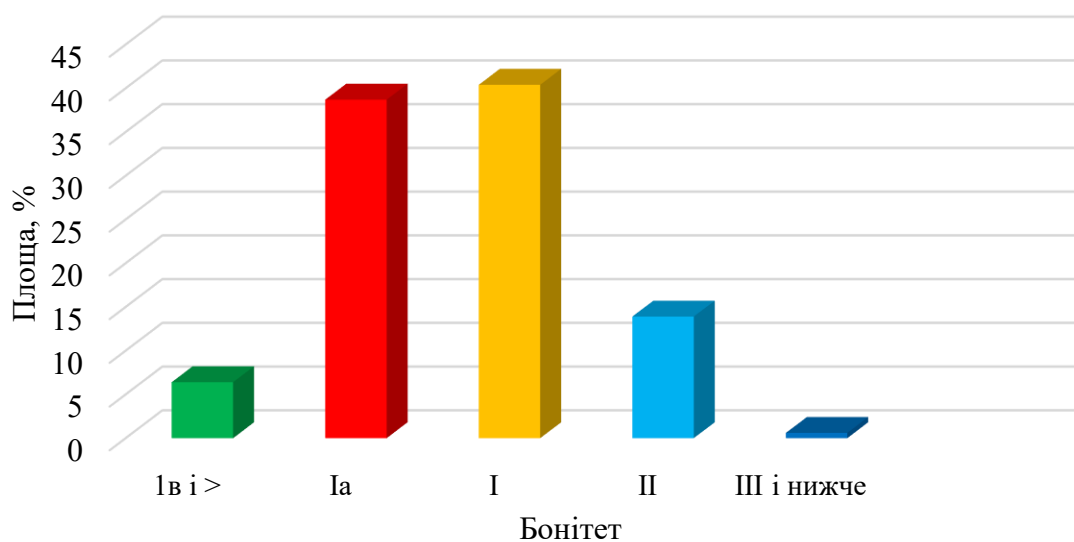


Рис. 3.5. Розподіл площі лісових ділянок вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок за класами бонітету, %

В Боярській ЛДС частка високопродуктивних насаджень I і вищих класів бонітету становить 85,5 % від загальної площі вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок. Частка низькопродуктивних лісів III та нижче становить менше 0,6 % (рис. 3.5).

За відносною повнотою насадження поділяють на високоповнотні (0,8– 1,0), середньоповнотні (0,5–0,7) та низькоповнотні (0,3–0,4). Розподіл площі вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок за відносними повнотами наведено на рис. 3.6.

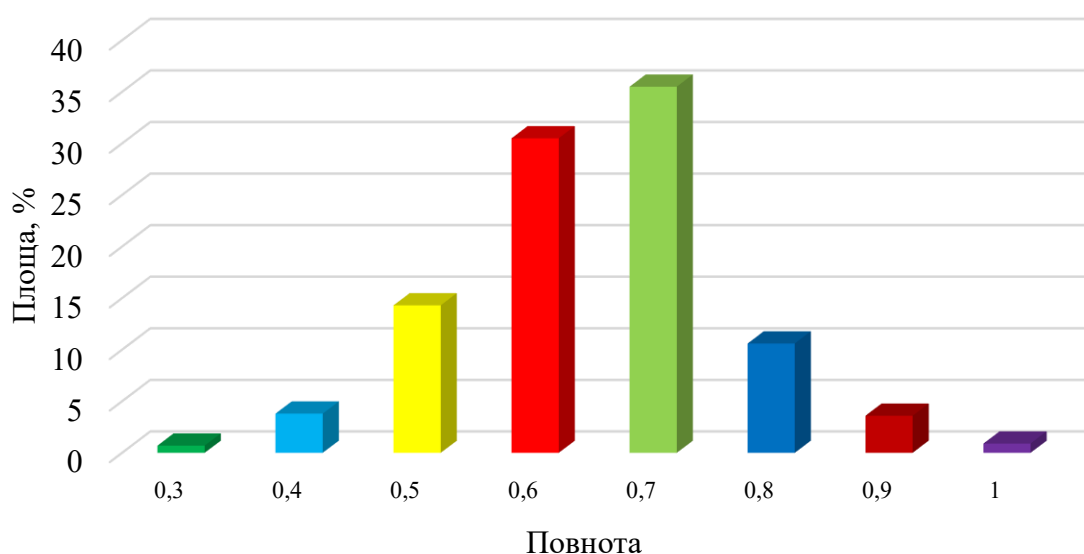


Рис. 3.6. Розподіл площі вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок за відносними повнотами, %

У Боярській ЛДС високоповнотні насадження становлять 15,1 %, середньоповнотні – 80,3 %, а низькоповнотні – 4,5 %. Найбільше насаджень зростає за повнотою 0,7 – 35,5 % (рис. 3.6). Середня повнота насаджень по підприємству становить 0,74.

Основними типами лісорослинних умов у Боярській лісовій дослідній станції є B_2 та C_3 (рис. 3.7).

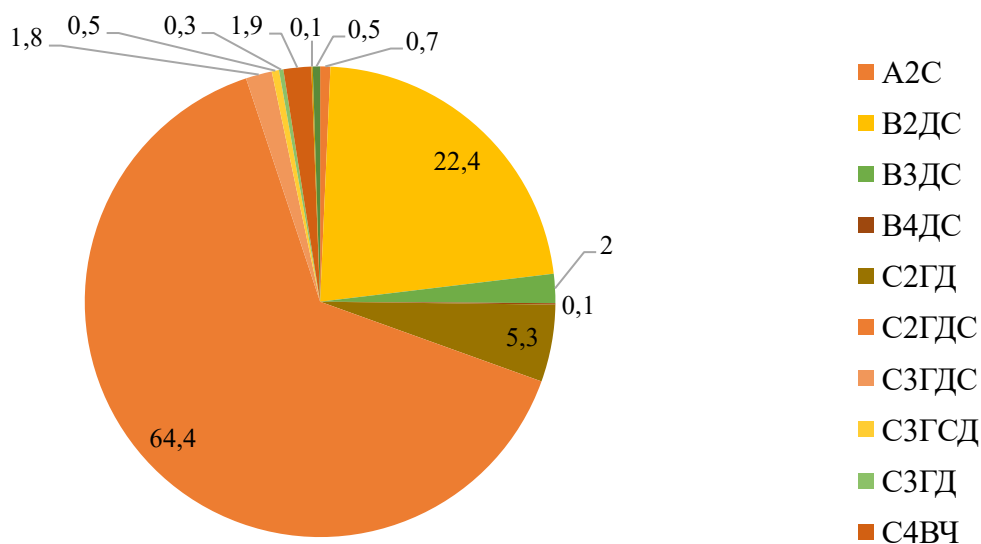


Рис. 3.7. Розподіл площі лісових ділянок вкритих лісовою рослинністю за типами лісу, %

Понад 92 % вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок – це свіжі судіброви і субори. Загалом судіброви займають 74,3 % вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок, субори – 24,5 %. Частка борових і дібровних умов становить всього 0,7 та 0,5 % відповідно. Зважаючи на те, що свіжі судіброви та субори є найсприятливішими для росту високопродуктивних насаджень сосни звичайної як головного лісотвірного виду, лісовий фонд підприємства, в основному, представлений деревостанами з фоновною участю сосни звичайної у першому ярусі і домішкою дуба звичайного – у другому.

Висновки до 3–го розділу. Площа земель Боярської лісодослідної станції становить 17835,0 га. Головною породою, що зростає на території підприємства є сосна звичайна, частка якої становить 81,6 % від площі. У віковій структурі переважають середньовікові насадження які складають 51,3 %. Середня повнота насаджень становить 0,7, а середній клас бонітету – І,6, переважаючим ТЛУ є субори (24,5 %) та судіброви (74,3 %).

РОЗДІЛ 4

ДОСЛІДЖЕННЯ РОСТУ СОСНОВИХ НАСАДЖЕНЬ

4.1. Радіальний приріст

Дерево, як живий організм реагує на зміни зовнішнього середовища, що відображається на величині радіального приросту. Радіальний приріст є одним із ключових показників росту дерев, що відображає їхню реакцію на вікові, кліматичні та екологічні фактори.

Застосування методу пропорціонального-ступінчастого представництва надає змогу сформувати вибірку дерев для аналізу, що надає можливість уникнути спотворення результатів через перевагу певних дерев у вибірці. Для здійснення аналізу були використані дослідні дані деревно-кільцевої хронології (дод. А.1.)

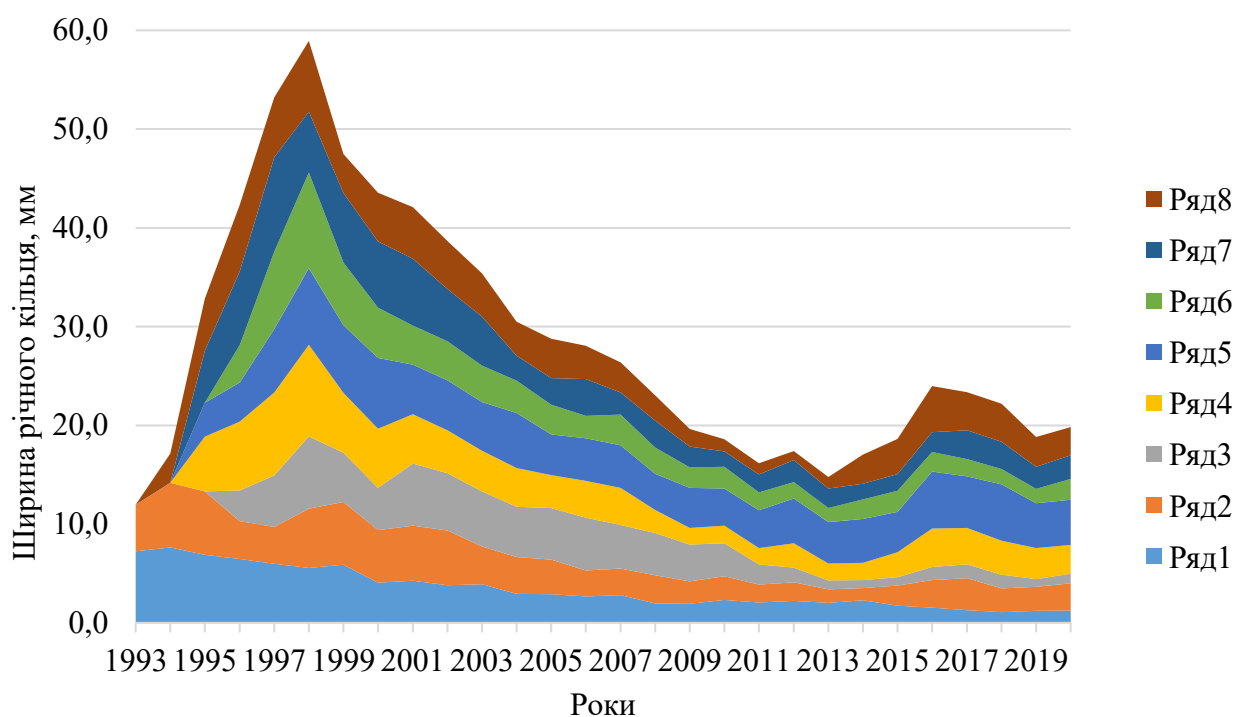


Рис 4.1. Динаміка сумарних щорічних радіальних приростів модельних дерев у середньовікових соснових насадженнях

Згідно даних на рис. 3.1 у період з 1993 по 1999 рр. спостерігається різке зростання ширини річного кільця, яке досягає максимальних значень близько 1998 р., що свідчить про високу інтенсивність росту за сприятливих умов. Після цього, починаючи з 2000-х років, простежується поступове зниження показників приросту. В період з 2010 по 2015 рр. спостерігається короткочасне зменшення ширини річного кільця, після чого відмічено незначне підвищення, яке пов'язане з покращенням кліматичних умов.

Для дослідження ходу росту дерев за даними деревно-кільцевих хронологій застосовують метод математичного моделювання. Його сутність полягає у побудові моделі, яка найбільш точно відображає взаємозв'язок між радіальним приростом дерева та його віком, а також іншими чинниками, зокрема кліматичними умовами чи властивостями ґрунту.

Такий підхід передбачає використання спеціальних математичних рівнянь, що дають змогу описати залежність приросту від різних факторів. Одним із поширених варіантів є степенева модель, яка ефективно відображає нелінійний характер зміни радіального приросту з віком дерева. Параметри рівняння підбираються так, щоб забезпечити максимально можливу відповідність між емпіричними даними та розрахунковими значеннями. У результаті отримується узагальнена функція, яка може бути використана для прогнозування величини радіального приросту за різних умов. За основу побудови моделі взято степеневе рівняння такого вигляду:

$$y = a_0 \cdot x^{a_1}, \quad (4.1)$$

де a_0 , a_1 – параметри рівняння; x – вік дерева.

Графічне зображення дослідних даних та результат математичного моделювання величини ширини річного кільця (Δr) соснових деревостанів наведено на рис. 4.2.

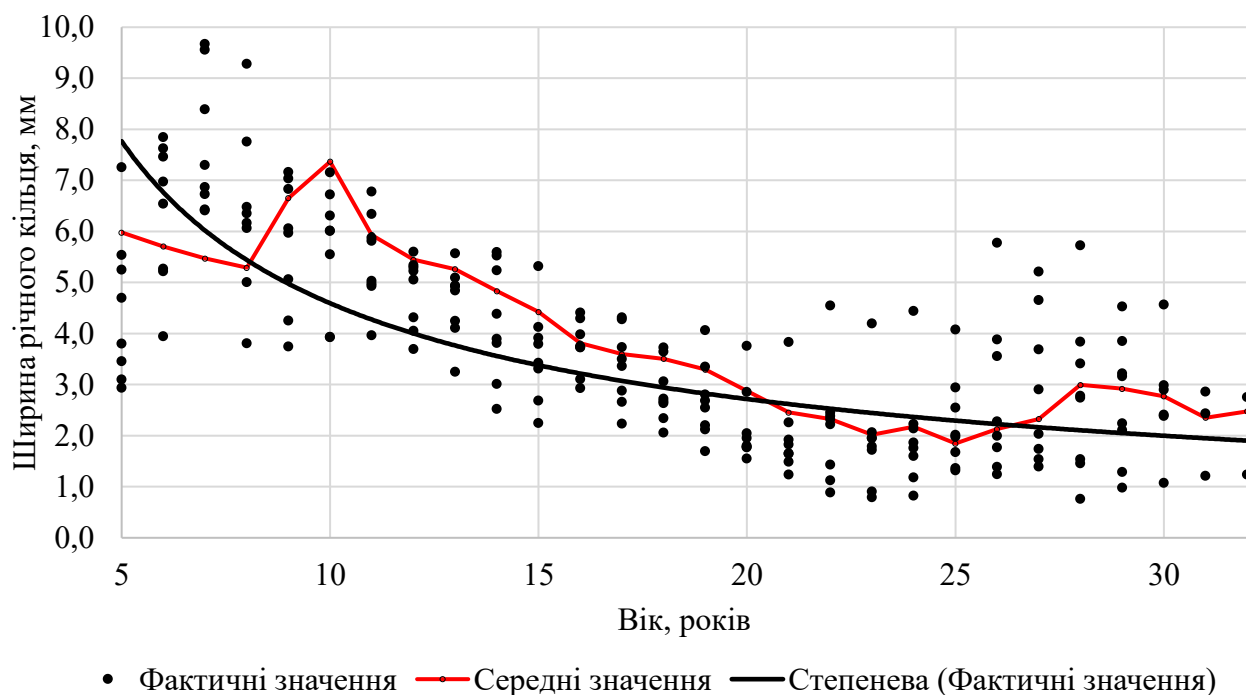


Рис. 4.2. Динаміка зміни радіального приросту у середньовікових насадженнях сосни звичайної

Результатом проведеного математичного аналізу було розроблено математичну модель яка набула такого вигляду:

$$\Delta r = 26,3 \cdot A^{-0,758} \quad (4.2)$$

Перевірка адекватності (Θ) розробленої математичної моделі за фактично наявними дослідним даним проводилась наступним чином:

$$\Theta = 1 - \frac{(\sum y - \tilde{Y})^2}{(\sum y - \bar{Y})^2} \quad (4.3)$$

де, Θ - адекватність моделі; y - фактичні значення величини; \tilde{Y} - модельні значення величини; \bar{Y} - середнє арифметичне значення величини.

Було встановлено, що адекватність розробленої математичної моделі динаміки ширини річного кільця становить 0,89, відповідно встановлена закономірність адекватно описує дослідні дані.

На рис 4.3 представлено динаміку сумарної ширини річних кілець у пристигаючих деревостанах та вплив кожного дерева на річний приріст

деревостану. При проведенні аналізу було використано дані деревно кільцевої хронології (дод. А.2.).

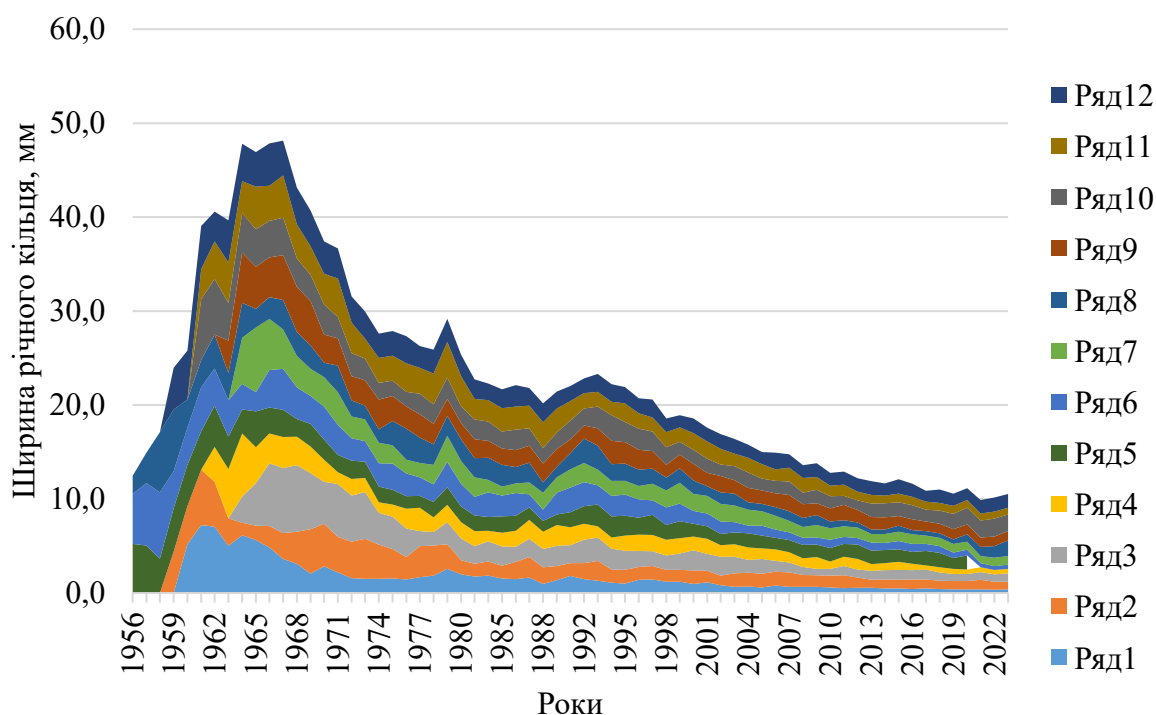


Рис 4.3. Динаміка сумарних щорічних радіальних приростів модельних дерев у пристигаючих соснових насадженнях

Відповідно до даних на рис 4.1. спостерігається чітко виражена тенденція зміни приросту у ході зростання насадження: на початку спостережень, в період 1956 по 1968 рр., фіксується різке зростання ширини річного кільця з максимальними значеннями в період з 1964 по 1968 рр., що відповідає періоду інтенсивного росту дерев у молодому віці.

Після цього спостерігається поступове зниження значень приросту, особливо помітне у період з 1965 по 1985 рр. що, зумовлено підвищенням густоти насадження та зростанням конкуренції в насадженні. Варто відмітити різке збільшення радіального приросту в 1979 році, яке ймовірно, пов'язане з проведенням рубки формування та оздоровлення лісів, та 1988 рік в якому спостерігалось зниження середньорічної температури. Починаючи з 1980-х рр., динаміка стабілізується, але ширина річних кілець залишається рівномірною, відображаючи сповільнений ріст насаджень старшого віку. Загалом дані рис. 4.3

вказують на закономірне зменшення радіального приросту з віком та можливий вплив кліматичних коливань на річну варіацію показників.

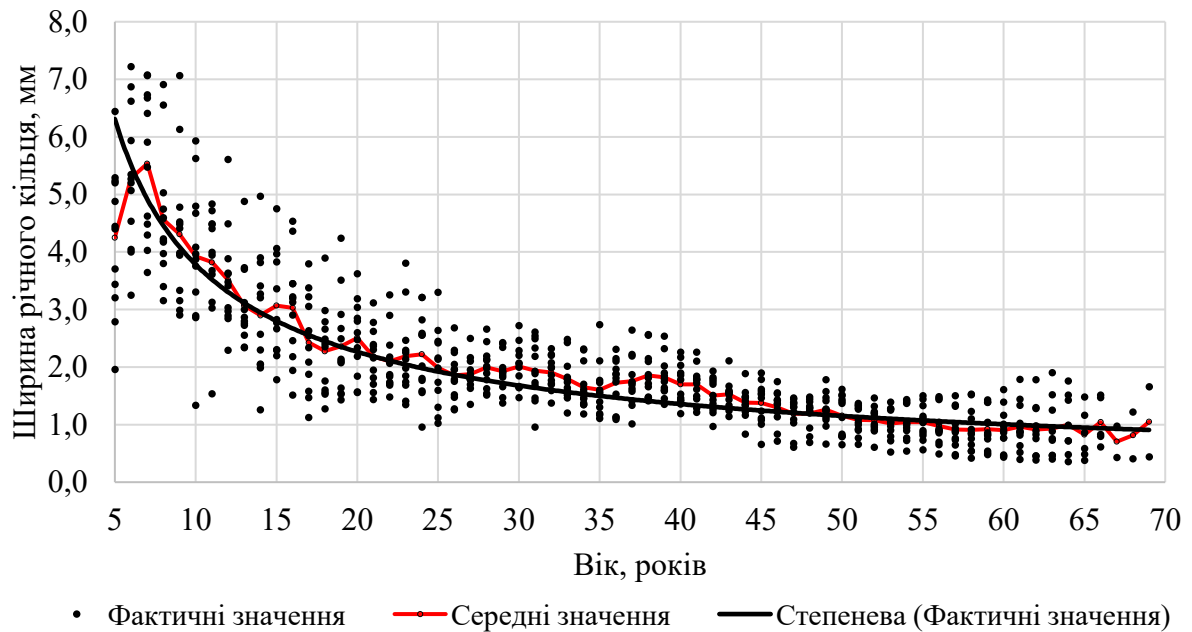


Рис 4.4. Динаміка зміни радіального приросту у пристигаючих насадженнях сосни звичайної

В результаті проведеного математичного моделювання дослідних даних отримано наступну математичну модель динаміки зміни радіального приросту:

$$\Delta r = 20,7 \cdot A^{-0,739} \quad (4.4)$$

Встановлено, що адекватність розробленої математичної моделі величини радіального приросту у соснових насадженнях по відношенню до дослідних даних становить 0,71, відповідно, модель адекватно описує задану закономірність.

Чим ближче значення коефіцієнта до 1, тим краще модель відтворює експериментальні дані. В даному випадку модель ефективно описує задану закономірність, і може бути використана для прогнозування зміни ширини річного кільця у подальших дослідженнях.

4.2. Вплив кліматичних показників на ріст та розвиток насаджень

Радіальний приріст сосни звичайної є чутливим індикатором кліматичних змін, передусім температурного режиму та рівня зволоження. Зростання температури посилює випаровування та підвищує водний дефіцит у дерев, що проявляється у зменшенні ширини річного кільця, тоді як достатня кількість опадів сприяє підтриманню інтенсивності ростових процесів. Тому аналіз динаміки радіального приросту у поєднанні з кліматичними показниками дозволяє оцінити стійкість насаджень та характер їх реакції на зміну умов середовища.

З метою дослідження впливу кліматичних показників на ріст та розвиток насаджень сосни звичайної у межах ВП НУБіП України «Боярська лісова дослідна станція» було використано показники середньорічної температури повітря та річної суми опадів, зібрані на базі метеостанції Центральної фізичної обсерваторії імені Бориса Срезневського.

Графічне зображення динаміки ширини річного кільця та кліматичних показників наведено на рис. 4.5 та 4.6. для молодняків та пристигаючих насаджень відповідно.

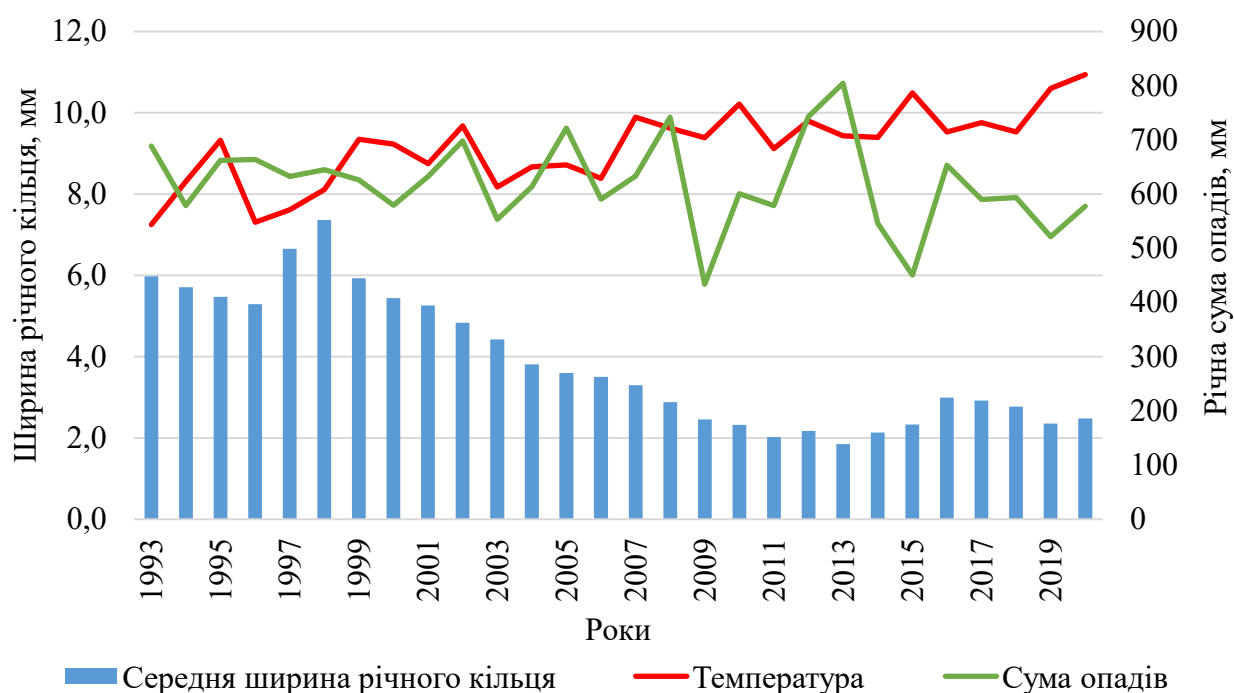


Рис. 4.5 Вплив кліматичних показників на динаміку ширини річного кільця у середньовікових насадженнях сосни звичайної

Згідно даних на рис. 4.5. на початку досліджуваного періоду в 1993 році ширина річного кільця становила близько 5–6 мм, та спостерігається максимальне значення ширини річного кільця до 7,5 мм в 1998 році, що співпадає з локальним зниженням середньорічної температури. Проте з 2000-х років спостерігається її поступове зменшення до 1,5–3 мм.

Одночасно середньорічна температура демонструє тренд до підвищення з максимальним значенням в 10,5 °C, тоді як кількість опадів коливається без вираженої тенденції. На основі кореляційного аналізу встановлено негативний кореляційний зв'язок між температурою та шириною річного кільця ($r = -0,68$). Зв'язок з кількістю опадів є слабким позитивним ($r = +0,16$).

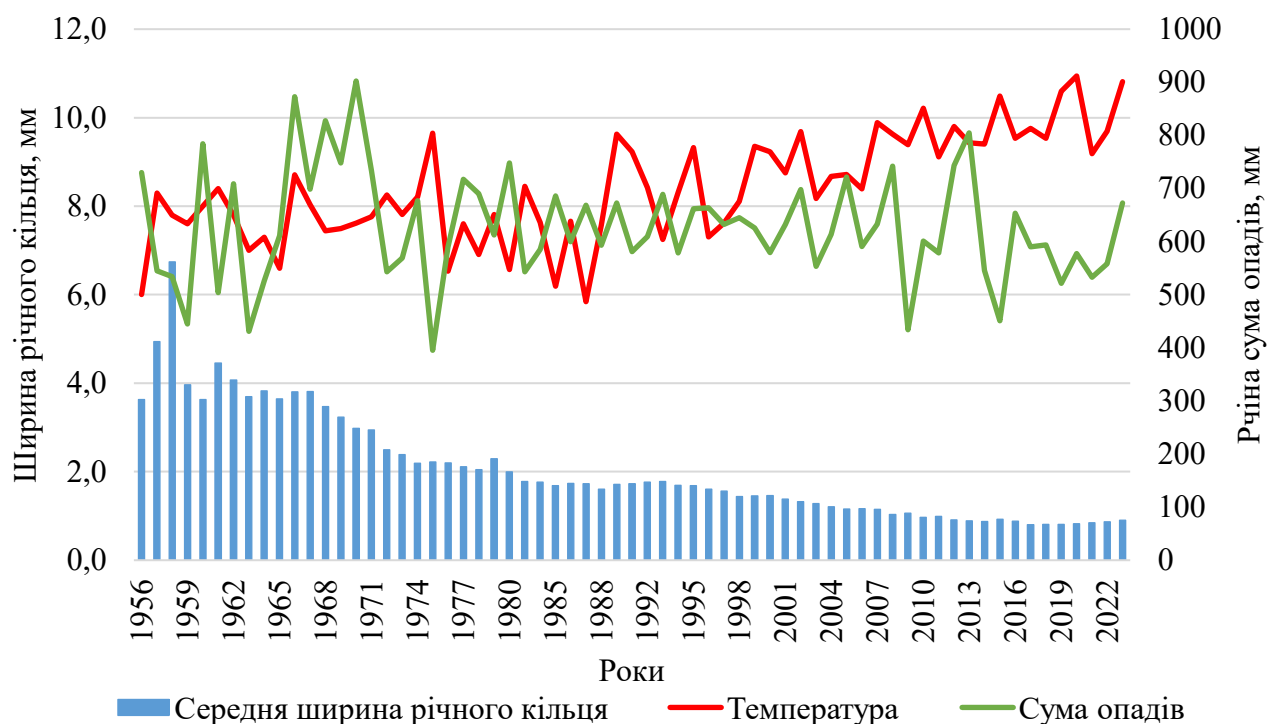


Рис. 4.6 Вплив кліматичних показників на динаміку ширини річного кільця у пристигаючих насадженнях сосни звичайної

Відповідно до даних наведених на рис. 4.6 у пристигаючих насадженнях сосни звичайної спостерігається поступове зменшення ширини річного кільця з віком та спостерігаються локальні зниження ширини річного кільця у відповідь на підвищення температури. У 1950–1960-х роках за середньорічних температур 6,0–8,2 °C приріст був найбільш інтенсивним і становив в середньому 4,0 – 4,5 мм з піковим значенням у 6,7 мм у 1958 році .

У 1980–1990-х роках, за підвищення температури до 7,5–8,5 °C, приріст зменшився до 3,0–4,0 мм, що відображає реакцію насаджень на ріст середньорічної температури. Найбільш різке скорочення приросту спостерігалось після 2005 року, коли середньорічні температури стабільно перевищували 9,0 °C, і ширина річного кільця зменшувалася до 1,5–2,5 мм.

На основі проведеного кореляційного аналізу встановлено помірний негативний зв'язок між температурою та шириною річного кільця ($r = -0,52$) і дуже слабку позитивну залежність від кількості опадів ($r = 0,05$), що підтверджує

домінуючий вплив температурного режиму на формування приросту у пристигаючих насадженнях.

4.3 Приріст по об'єму

Поточний об'ємний приріст є одним з основних показників, за яким аналізується специфіка накопичення деревини та продуктивність насаджень вцілому. На його величину мають вплив біологічні властивості деревної породи, кліматичні чинники, своєчасність та якість проведення лісогосподарських заходів та інші важливі фактори.

З метою аналізу поточного приросту, використано два загальновідомі способи, а саме за складною та простою формулою серединних перерізів (ф. 4.6. та ф. 4.7.). Було виконано аналіз ходу росту модельних дерев за висотою та діаметром. На основі цих даних був проведений аналіз даних ходу росту за об'ємом. Поточний приріст було визначено відповідно до загальноприйнятого методу (ф. 4.5).

$$z_V^{nm} = \frac{V_a - V_{a-n}}{n}, \quad (4.5)$$

де V_a і V_{a-n} – відповідно об'єм стовбура без кори тепер і n років тому, знайдені за простою і складною формулами серединних перерізів, m^3 .

$$V = l \cdot \sum_{i=l}^k \gamma_i + \frac{1}{3} g_{об} \cdot l_B, \quad (4.6)$$

де L_{a-n} – довжина стовбура n років тому, м;

γ_a і γ_{a-n} – площі поперечного перерізу стовбура зараз і n років тому без кори на висоті $\frac{1}{2} L_{a-n}$, m^2 ;

$g_{об}$ – площа основи верхівки без кори на висоті L_{a-n} , m^2 ;

l_e – довжина верхівки, м.

$$V = \gamma_a \cdot L \quad (4.7)$$

Порівняльну характеристику дослідних даних по складній та простій формулі поперечного перерізу для соснових насаджень групи віку молодняки наведено у таблиці 4.1

Таблиця 4.1

Характеристика дослідних даних по ТПП №1

Вік, років	Об'єм			Поточний приріст, %		
	складна формула, м ³	проста формула, м ³	+/-, %	складна формула	проста формула	+/-, %
Модельне дерево №1						
5	0,003	0,003	0,0	20,0	20,0	0,0
10	0,028	0,026	+7,1	17,7	17,3	+0,4
15	0,075	0,060	+20,0	12,6	11,5	+1,1
20	0,145	0,148	-2,1	9,7	11,9	-2,2
25	0,238	0,242	-1,7	7,8	7,8	0,0
32	0,326	0,332	-1,8	5,4	3,3	+2,1
Модельне дерево №2						
5	0,001	0,001	8,7	20,0	20,0	0,0
10	0,015	0,009	42,4	18,2	17,2	+1,0
15	0,063	0,079	-26,0	15,2	17,8	-2,6
20	0,129	0,150	-16,6	10,2	9,4	+0,8
25	0,198	0,192	2,9	7,0	4,4	+2,6
31	0,350	0,361	-3,0	6,2	3,1	+3,1
Модельне дерево №3						
5	0,001	0,0002	83,7	20,0	20,0	0,0
10	0,003	0,002	21,1	12,4	18,4	-6,0
15	0,029	0,026	10,6	17,9	18,2	-0,2
20	0,097	0,098	-0,8	14,0	14,7	-0,7
25	0,149	0,134	10,1	7,0	5,5	+1,6
31	0,217	0,204	5,7	5,2	3,2	+2,0
Модельне дерево №4						
5	0,001	0,001	19,0	20,0	20,0	0,0
10	0,024	0,027	-9,9	19,4	19,6	-0,1
15	0,067	0,070	-4,6	12,8	12,4	+0,4
20	0,133	0,124	6,6	9,9	8,7	+1,2
25	0,230	0,235	-2,5	8,4	9,4	-1,0
30	0,395	0,423	-7,1	8,4	3,3	+5,0
Модельне дерево №5						
5	0,001	0,001	34,8	20,0	20,0	0,0
10	0,015	0,007	51,8	18,3	17,6	0,6
15	0,065	0,069	-6,3	15,4	17,9	-2,5
20	0,161	0,186	-15,7	11,9	12,6	-0,7
25	0,328	0,360	-9,9	10,2	9,7	+0,5
30	0,577	0,632	-9,5	8,6	3,3	+5,3
Модельне дерево №6						
5	0,002	0,002	89,1	20,0	20,0	0,0
10	0,010	0,005	49,1	16,5	19,2	-2,8
15	0,040	0,045	-13,0	15,0	17,8	-2,7

Продовження таблиці 4.1

Вік, років	Об'єм			Поточний приріст, %		
	складна формула, м ³	проста формула, м ³	+/-, %	складна формула	проста формула	+/-, %
20	0,087	0,085	2,7	10,8	9,4	+1,5
25	0,146	0,147	-0,7	8,0	8,4	-0,4
30	0,216	0,229	-5,8	6,5	3,3	+3,2
Модельне дерево №7						
5	0,0005	0,0004	18,5	20,0	20,0	0,0
10	0,023	0,026	-11,7	19,6	19,7	-0,1
15	0,069	0,066	3,6	13,3	12,2	+1,1
20	0,122	0,135	-10,6	8,8	10,2	-1,4
25	0,181	0,184	-1,7	6,4	5,3	+1,2
29	0,260	0,240	7,7	7,7	3,4	+4,2
Модельне дерево №8						
5	0,001	0,001	39,7	20,0	20,0	0,0
10	0,007	0,006	21,9	17,7	18,2	-0,5
15	0,042	0,043	-0,7	16,5	17,3	-0,8
20	0,101	0,105	-4,0	11,6	11,9	-0,3
25	0,149	0,162	-8,5	6,4	7,0	-0,6
32	0,339	0,381	-12,6	8,0	3,1	+4,9

Як видно з даних наведених у табл. 4.1, що у визначенні об'ємів та відсотка поточного приросту по об'єму різними способами виявлені значні розбіжності. Графічне зображення динаміки поточного приросту за простою та складною формулою серединних перерізів наведено на рис. 4.7.

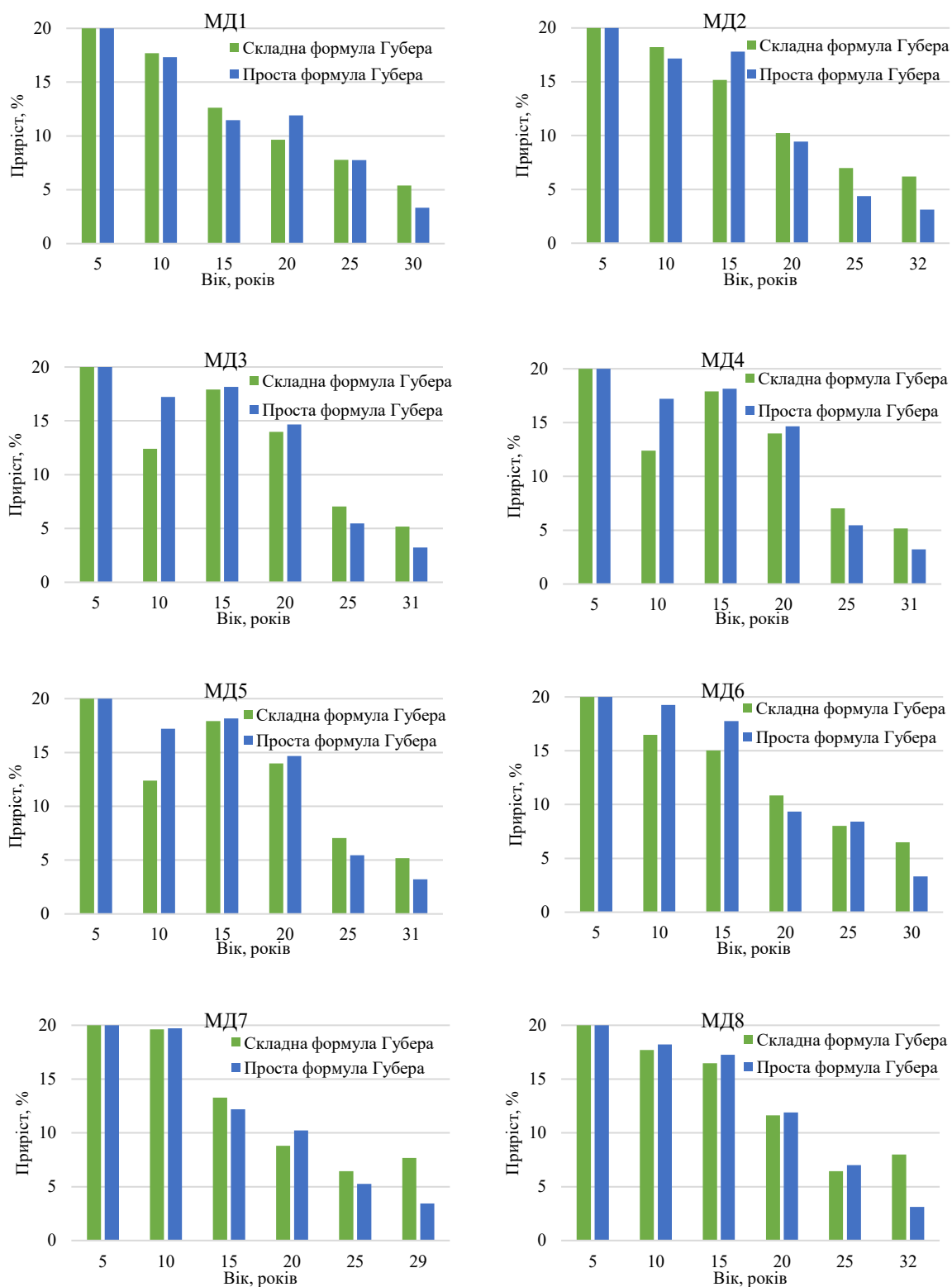


Рис. 4.7. Динаміка відсотка поточного приросту по об'єму модельних дерев у середньовікових соснових насадженнях

Встановлено, що середнє відхилення поточного приросту між даними способами становить майже 11 %, відповідно відбувається систематичне заниження при визначенні приросту з використанням простої формули серединних перерізів. Значення абсолютних відхилень варіюється від -23,0 % до +48,0 % (табл. 4.1).

На основі даних табл. 4.1 розроблено математичні моделі динаміки зміни поточного приросту по об'єму за складною та простою формулою серединних перерізів у відносних показниках. Графічне зображення встановленої динаміки поточного приросту по об'єму для соснових насаджень групи віку молодняки наведено на рис. 4.8.

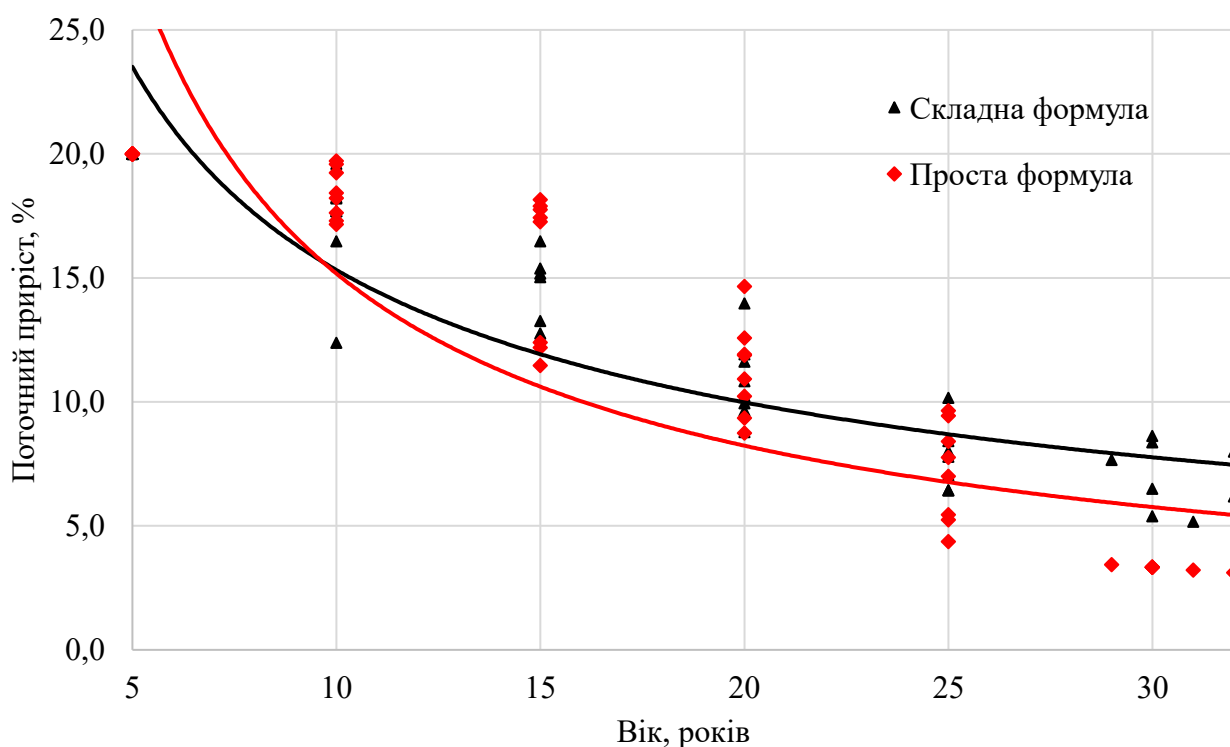


Рис. 4.8. Динаміка поточного приросту у відносних показниках для середньовікових соснових насаджень

В результаті проведених досліджень було розроблено математичні моделі на основі степеневого рівняння визначення поточного приросту за складною та простою формулами поперечного перерізу та встановлено адекватність розроблених математичних моделей.

Для складної формули поперечного перерізу математична модель набула вигляду:

$$P_V = 63,6 \cdot A^{-0,618} \quad (4.8)$$

Для простої формули поперечного перерізу математична модель набула вигляду:

$$P_V = 115,7 \cdot A^{-0,882} \quad (4.9)$$

Відповідно до даних рис. 4.8 при розрахунку відсотку поточного приросту, за простою формулою поперечного перерізу, до 10 років спостерігається систематичне завищення поточного приросту, а далі навпаки заниження. Адекватність розроблених математичних моделей відсотка поточного приросту по об'єму у соснових насадженнях за складною і простою формулами середнього перерізу становить 0,83 та 0,73 відповідно.

Порівняльну характеристику дослідних даних по визначенню об'єму та поточного приросту по об'єму за складною та простою формулами поперечного перерізу для пристигаючих со сонових насаджень наведено у табл. 4.2.

Таблиця 4.2

Характеристика дослідних даних по ТПІ №2

Вік, років	Об'єм			Поточний приріст, %		
	складна формула, м ³	проста формула, м ³	+/-, %	складна формула	проста формула	+/-, %
Модельне дерево №1						
5	0,003	0,001	79,1	20,0	20,0	0,0
15	0,035	0,011	68,4	9,2	9,5	-0,3
25	0,115	0,082	28,9	7,0	8,7	-1,7
35	0,242	0,207	14,3	5,2	6,1	-0,8
45	0,355	0,332	6,4	3,2	3,8	-0,6
55	0,450	0,439	2,6	2,1	1,8	+0,3
65	0,528	0,448	15,2	1,5	1,5	-0,1
71	0,571	0,461	19,3	1,3	1,4	-0,2
Модельне дерево №2						
5	0,001	0,001	0,2	20,0	20,0	0,0
15	0,021	0,019	10,5	9,4	9,3	+0,1
25	0,091	0,073	20,0	7,7	7,4	+0,3
35	0,222	0,228	-2,8	5,9	6,8	-0,9
45	0,393	0,364	7,3	4,4	3,7	+0,6

Вік, років	Об'єм			Поточний приріст, %		
	складна формула, м ³	проста формула, м ³	+/-, %	складна формула	проста формула	+/-, %
55	0,607	0,567	6,6	3,5	1,8	+1,7
65	0,780	0,869	-11,4	2,2	1,5	+0,7
71	0,877	0,932	-6,3	1,8	1,4	0,4
Модельне дерево №3						
5	0,002	0,001	85,3	20,0	20,0	0,0
15	0,042	0,002	95,6	9,6	8,8	0,9
25	0,123	0,049	60,3	6,6	9,6	-3,0
35	0,283	0,296	-4,4	5,7	8,3	-2,7
45	0,473	0,527	-11,2	4,0	4,4	-0,4
55	0,624	0,549	12,0	2,4	1,8	+0,6
65	0,778	0,880	-13,1	2,0	1,5	+0,4
67	0,804	0,912	-13,3	1,6	1,5	+0,1
Модельне дерево №4						
5	0,001	0,002	-31,9	20,0	20,0	0,0
15	0,016	0,012	25,3	9,2	8,7	+0,6
25	0,061	0,067	-9,9	7,4	8,2	-0,8
35	0,131	0,115	12,3	5,4	4,2	+1,2
45	0,264	0,223	15,8	5,0	4,8	+0,2
55	0,376	0,304	19,2	3,0	1,8	+1,1
65	0,458	0,453	1,1	1,8	1,5	+0,3
68	0,482	0,471	2,2	1,7	1,5	+0,2
Модельне дерево №5						
5	0,001	0,000	66,0	20,0	20,0	0,0
15	0,021	0,007	66,3	9,7	9,7	0,0
25	0,074	0,062	15,4	7,1	8,9	-1,7
35	0,156	0,143	8,8	5,3	5,6	-0,3
45	0,300	0,315	-4,7	4,8	5,5	-0,7
55	0,460	0,325	29,3	3,5	1,8	+1,7
65	0,648	0,642	0,9	2,9	1,5	+1,4
74	0,856	0,756	11,8	2,7	1,5	+1,2
Модельне дерево №6						
5	0,003	0,004	-50,3	20,0	20,0	0,0
15	0,048	0,046	4,6	9,4	9,0	0,4
25	0,179	0,191	-6,6	7,3	7,6	-0,3
35	0,376	0,411	-9,5	5,2	5,3	-0,1
45	0,636	0,728	-14,4	4,1	4,4	-0,3
55	0,826	0,809	2,0	2,3	1,8	+0,5
65	0,970	0,967	0,3	1,5	1,5	-0,1
71	1,043	1,035	0,8	1,2	1,4	-0,2
Модельне дерево №7						
5	0,002	0,001	70,2	20,0	20,0	0,0
15	0,013	0,007	46,5	8,6	9,2	-0,6
25	0,061	0,041	33,1	7,9	8,3	-0,4
35	0,125	0,144	-15,7	5,1	7,2	-2,0

Вік, років	Об'єм			Поточний приріст, %		
	складна формула, м ³	проста формула, м ³	+/-, %	складна формула	проста формула	+/-, %
45	0,252	0,214	15,0	5,0	3,3	+1,8
55	0,389	0,308	20,7	3,5	1,8	+1,7
65	0,500	0,456	8,8	2,2	1,5	+0,7
72	0,571	0,500	12,3	1,8	1,4	+0,4
Модельне дерево №8						
5	0,001	0,000	85,4	20,0	20,0	0,0
15	0,018	0,020	-12,6	9,4	9,9	-0,6
25	0,082	0,066	19,5	7,8	7,0	+0,9
35	0,215	0,223	-3,8	6,2	7,0	-0,9
45	0,403	0,356	11,6	4,7	3,7	+0,9
55	0,594	0,658	-10,8	3,2	1,8	+1,4
65	0,738	0,799	-8,4	1,9	1,5	+0,4
74	0,917	0,995	-8,4	2,2	1,4	+0,8
Модельне дерево №9						
5	0,000	0,000	80,8	20,0	20,0	0,0
15	0,008	0,006	21,4	9,5	9,9	-0,4
25	0,047	0,042	9,3	8,3	8,5	-0,2
35	0,132	0,129	2,2	6,5	6,7	-0,3
45	0,256	0,182	28,8	4,9	2,9	+1,9
55	0,404	0,431	-6,5	3,7	1,8	+1,8
65	0,548	0,578	-5,5	2,6	1,5	+1,1
74	0,674	0,702	-4,1	2,1	1,4	+0,7
Модельне дерево №10						
5	0,002	0,001	62,4	20,0	20,0	0,0
15	0,013	0,007	41,3	8,8	9,2	-0,4
25	0,063	0,073	-16,0	8,0	9,0	-1,0
35	0,165	0,184	-11,7	6,2	6,0	+0,2
45	0,328	0,415	-26,6	5,0	5,6	-0,6
55	0,488	0,492	-0,8	3,3	1,8	+1,5
65	0,679	0,697	-2,7	2,8	1,5	+1,3
74	0,878	0,912	-3,9	2,5	1,4	+1,1
Модельне дерево №11						
5	0,000	0,000	-12,3	20,0	20,0	0,0
15	0,013	0,007	49,5	9,8	9,6	+0,2
25	0,085	0,063	25,8	8,4	8,9	-0,5
35	0,217	0,203	6,4	6,1	6,9	-0,8
45	0,344	0,398	-15,5	3,7	4,9	-1,2
55	0,515	0,488	5,2	3,3	1,8	+1,5
65	0,660	0,630	4,6	2,2	1,5	+0,7
69	0,713	0,682	4,4	1,8	1,4	+0,4

Як видно з даних наведених у табл. 4.2, що у визначенні об'ємів та відсотка поточного приросту по об'єму різними способами виявлені значні розбіжності. Графічне зображення визначеної динаміки наведено на рис. 4.9.

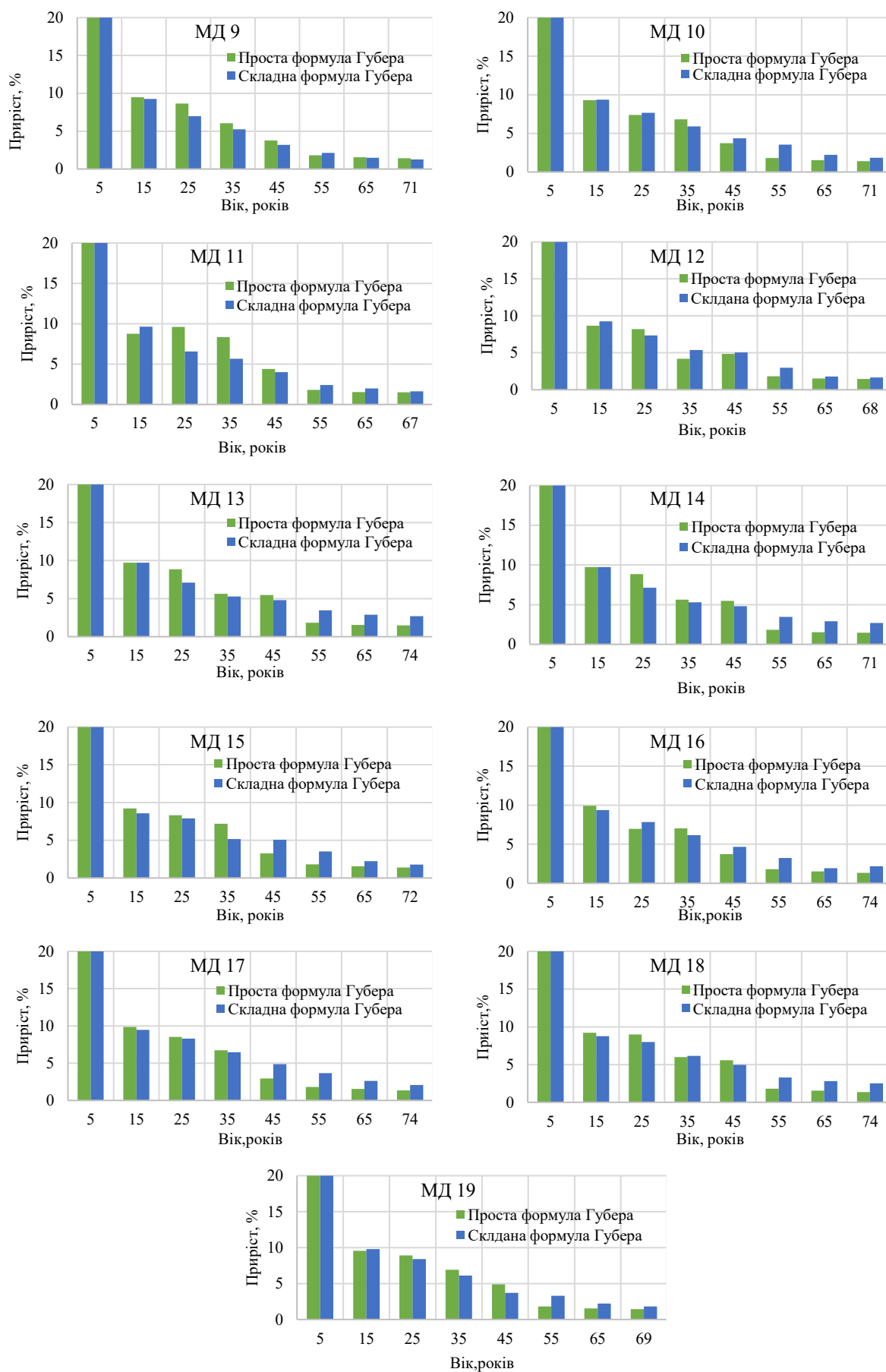


Рис 4.9 Динаміка поточного приросту по об'єму модельних дерев у пристигаючих насадженнях

Встановлено, що середнє відхилення поточного приросту між даними способами становить майже 13 %, відповідно відбувається систематичне заниження при визначенні приросту з використанням простої формули серединних перерізів. Значення абсолютних відхилень варіюється від - 50,3 % до +95,6 % (табл .4.2).

На основі даних з табл. 4.3 розроблено математичні моделі динаміки зміни поточного приросту по об'єму за складною та простою формулою серединних перерізів у відносних показниках. Графічне зображення встановленої динаміки наведено на рис. 4.10.

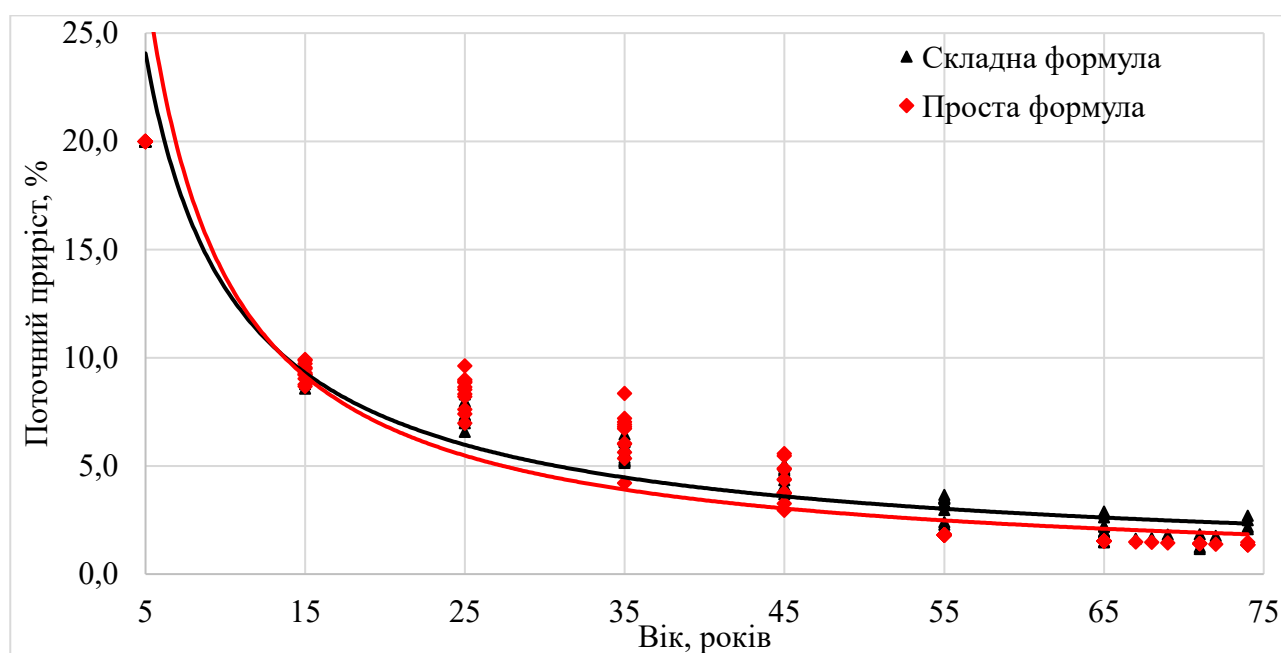


Рис. 4.10. Динаміка зміни поточного приросту у пристигаючих соснових насадженнях

В результаті проведеного математичного моделювання дослідних даних за складною формулою отримано наступну математичну модель динаміки зміни відсотка поточного приросту по об'єму:

$$P_V = 96,9 \cdot A^{-0,866} \quad (4.10)$$

Для простої формули модель набула вигляду:

$$P_V = 138,8 \cdot A^{-1,004} \quad (4.11)$$

Відповідно до даних рис. 4.10 при розрахунку відсотку поточного приросту за простою формулою поперечного перерізу, до 15 років спостерігається систематичне завищення відсотку поточного приросту, а далі навпаки, спостерігається систематичне заниження відсотку. Адекватність розроблених математичних моделей динаміки поточного приросту у соснових насадженнях по відношенню до дослідних даних становить 0,92 для складної формули та 0,76 для простої формули відповідно.

Висновки до 4-го розділу.

Встановлено, що у молодняках та пристигаючих соснових насадженнях максимальні значення радіального приросту припадають на молодий вік, після чого відбувається його закономірне зниження. Проведене математичне моделювання дозволило отримати адекватні моделі динаміки поточного приросту.

Кореляційним аналізом встановлено негативний вплив підвищення середньорічної температури на інтенсивність радіального приросту ($r = -0,68$ та $r = -0,52$ відповідно для молодняків і пристигаючих насаджень), тоді як роль опадів є другорядною ($r = 0,16$ для молодняків та $r = 0,05$ для пристигаючих насаджень). Таким чином, ріст сосни звичайної значною мірою визначається температурним режимом, що слід враховувати при плануванні лісогосподарських заходів та оцінці продуктивності насаджень в умовах кліматичних змін.

ВИСНОВКИ

1. Закладено дві ТПП із обміром 20 модельних дерев та проведенням датування річних кілець на відібраних зрізах у програмному продукті *ObjectJ*, сумарна кількість продатованих річних кілець становить 40794 шт.

2. Встановлено, що мінімальна ширина річного кільця стовбурів дерев сосни звичайної у даних насадженні становить 0,12 мм, максимальна – 15,41 мм.

3. Встановлено, що середня ширина річного кільця для всього масиву даних становить 2,85 мм, а варіація динаміки ширини річного кільця знаходиться в межах від 13,9 % до 98,5%.

4. У динаміці радіального приросту соснових насаджень різних вікових груп виявлено періоди різких змін інтенсивності росту, які пов'язані переважно із кліматичними змінами.

5. Розроблено математичні моделі динаміки радіального приросту, які адекватно описують встановлені закономірності. Для середньовікових насаджень адекватність моделі становить 0,89, а для пристигаючих насаджень – 0,71.

7. Встановлено, що між середньорічною температурою та шириною річного кільця присутній стійкий негативний кореляційний зв'язок як у молодняках так і пристигаючих насадженнях ($r = -0,68$ та $r = -0,52$ відповідно).

8. Встановлено, що кореляційний зв'язок з річною сумою опадів є слабким позитивним як для молодняків так і пристигаючих соснових насаджень ($r = 0,16$ та $r = 0,05$ відповідно).

9. Розроблено математичні моделі визначення поточного приросту по об'єму від віку для насаджень групи віку молодняків та пристигаючих насаджень, які адекватнісно описують встановлені закономірності (0,92 та 0,83 відповідно).

РЕКОМЕНДАЦІЇ

Отримані результати проведених досліджень по соснових насадженнях у ВП НУБіП України «Боярська ЛДС» підтверджують доцільність використання радіального приросту як індикатора стану соснових насаджень та їх реакції на кліматичні зміни. Побудовані математичні моделі поточного приросту по об'єму можуть бути використані для планування щорічних обсягів лісокористування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Adams H. D., & Kolb T. E. *Tree growth response to drought and temperature in a mountain landscape in northern Arizona, USA*. *Journal of Biogeography*. 2005. Vol. 32(9). P. 1629–1640.
2. Andreu-Hayles L., Gutiérrez E., Esper J., Peters R. L., Heinrich I., Helle G. Climate increases regional tree-growth variability in Iberian pine forests. *Global Change Biology*. 2011. Vol. 17, No. 10. P. 2763–2775.
3. Bogino S., Fernández Nieto M. J., Bravo F. Climate Effect on Radial Growth of *Pinus sylvestris* at Its Southern and Western Distribution Limits. *Silva Fennica*. 2009. Vol. 43, No. 4. P. 609–623.
4. Bose A. K., Gärtner H., Esper J., Helle G. Growth–climate relations and the enhancement of drought signals in pedunculate oak (*Quercus robur* L.) tree-ring chronology in Eastern Hungary. *Dendrochronologia*. 2020. Vol. 62. P. 125736.
5. Bouriaud O., Popa I. Dendroecological reconstruction of forest disturbance history, comparison and parametrization of methods for Carpathian Mountains. *Forest Ecology and Management*. 2009. Vol. 257, No. 8. P. 1963–1972.
6. Cedro A., Cedro B. Influence of climatic conditions and air pollution on radial growth of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in Szczecin's city forests. *Forestry Letters*. 2018. Vol. 111, No. 2. P. 45–52.
7. Finley K., Zhang J. Climate effect on Ponderosa Pine radial growth varies with tree density and shrub removal. *Forest Ecology and Management*. 2019. Vol. 433. P. 123–133.
8. Karpavičius J., Vitas A. Influence of environmental and climatic factors on the radial growth of European ash (*Fraxinus excelsior* L.). *Baltic Forestry*. 2006. Vol. 12, No. 1. P. 65–71.
9. Koval I., Sydorenko S. The influence of surface fire on radial and height growth of *Pinus sylvestris* L. in forest-steppe in Ukraine. *Folia Forestalia Polonica, Series A – Forestry*. 2019. Vol. 61, No. 1. P. 24–31.

10. Latte N., Lebourgeois F., Claessens H. Increased tree-growth synchronization of beech (*Fagus sylvatica* L.) in response to climate change in northwestern Europe. *Dendrochronologia*. 2015. Vol. 33. P. 69–77.
11. Lavnyy V., Mazepa V., Shyshkanynets I. Radial increment of beech (*Fagus sylvatica* L.) in the Ukrainian Carpathians. *Folia Forestalia Polonica, Series A – Forestry*. 2020. Vol. 62, No. 1. P. 65–71.
12. Lesnik O., Blyshchyk V., Odruzhenko A., Behal M. Growth and physiological resilience of pine forests in Ukrainian Polissia. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*. 2022. Vol. 13, No. 1. P. 18–24.
13. Levanič T., Eggertsson O. Climatic effects on birch (*Betula pubescens* Ehrh.) growth in Fnjoskadalur valley, northern Iceland. *Dendrochronologia*. 2008. Vol. 25, No. 3. P. 135–143.
14. Mäkinen H., Nöjd P., Kahle H.-P., Neumann U., Tveite B., Mielikäinen K., Rühle H., Spiecker H. Large-scale climatic variability and radial increment variation of *Picea abies* (L.) Karst. in central and northern Europe. *Trees*. 2003. Vol. 17. P. 173–184.
15. Marquardt P. E., Krofcheck D. J., Litvak M. E., Hurteau M. D. Variable climate response differentiates the growth of Sky Island Ponderosa Pines. *Forest Ecology and Management*. 2018. Vol. 429. P. 1–10.
16. Misi D., Puchałka R., Pearson C., Robertson I., Koprowski M. Differences in the climate-growth relationship of Scots pine: A case study from Poland and Hungary. *Dendrochronologia*. 2017. Vol. 45. P. 120–129.
17. Netsvetov M., Prokopuk Y., Didukh Y., Romenskyy M. Climatic sensitivity of *Quercus robur* L. in floodplain near Kyiv under river regulation. *Ukrainian Botanical Journal*. 2018. Vol. 75, No. 5. P. 456–465.
18. Netsvetov M., Prokopuk Y., Holiaka D., Klisz M., Porté A. J., Puchałka R., Romenskyy M. Is there Chernobyl nuclear accident signature in Scots pine radial growth and its climate sensitivity? *Science of the Total Environment*. 2023. Vol. 894. P. 164688.

19. Rolland C., Desplanque C., Michalet R., Schweingruber F. H. Extreme tree rings in spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) and fir (*Abies alba* Mill.) stands in relation to climate, site, and space in the Southern French and Italian Alps. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*. 2000. Vol. 32, No. 1. P. 1–13.

20. Vitas A. Tree-ring based reconstruction of climate variability in Lithuania. *Baltic Forestry*. 2006. Vol. 12, No. 1. P. 65–71.

21. Андреева О. Ю., Коваль І. М. Зміни радіального приросту *Pinus sylvestris* L. у Поліссі в осередках масового розмноження звичайного соснового пильщика *Diprion pini* L. *Лісівництво і агролісомеліорація*. 2008. Вип. 112. С. 249–254.

22. Андреева О. Ю., Коваль І. М., Смолін В. О. Рання та пізня деревина сосни звичайної в умовах різного ступеню освітлення. *Scientific Horizons*. 2022. Т. 25, № 10. С. 17–30.

23. Андрущенко Р. О., Коваль І. М. Радіальний приріст феноформ дуба звичайного (*Quercus robur* L.) у місцях масового розмноження зимового п'ядуна (*Operophtera brumata* L.). *Науковий вісник НЛТУ України*. 2014. Вип. 24(3). С. 60–66.

24. Березинець С. В., Леснік О. М. Моделювання радіального приросту дерев у соснових насадженнях ВП НУБіП України «Боярська лісова дослідна станція». Науковий пошук молоді для сталого розвитку лісового комплексу та садово-паркового господарства : тези доповідей 78-ої Всеукр. наук.-практ. студ. конф. (Київ, 7 листопада 2024 р.). Київ : НУБіП України, 2024. С. 16.

25. Березинець С. В., Леснік О. М. Поточний приріст по об'єму стовбурів дерев сосни звичайної у ВП НУБіП України «Боярська лісова дослідна станція». Лісівнича освіта та наука в умовах національних викликів та європейської інтеграції України : тези доповідей Міжнар. наук.-практ. конф. (Київ, 5–6 червня 2025 р.). Київ : НУБіП України, 2025. С. 42–43.

26. Березинець С. В., Леснік О. М. Фізіологічна стійкість дерев у соснових насадженнях ВП НУБіП України «Боярська лісова дослідна станція». Актуальні проблеми лісівничої науки та освіти в умовах зміни клімату : тези

доповідей наук.-практ. семінару (Київ, 4 березня 2025 р.). Київ : НУБіП України, 2025. С. 17–18.

27. Ворон В. П., Коваль І. М. Вплив низових пожеж на динаміку радіального приросту сосни в лісостеповій зоні України. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2011. Вип. 21(5). С. 75–80.

28. Ворон В. П., Коваль І. М., Леман О. В., Воронцова О. І. Деякі методичні підходи до вивчення динаміки радіального приросту сосни під впливом промислового забруднення в умовах лісостепової зони. *Лісівництво і агролісомеліорація*. 2004. № 105. С. 183–188.

29. Ворон В. П., Коваль І. М., Ткач О. М., Сидоренко С. Г. Зміни радіального приросту в пошкодженому пожежею сосновому деревостані в західному Поліссі. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2017. Вип. 27(9). С. 56–59.

30. Гут Р. Т. Радіальний приріст сосни звичайної у ценопопуляціях західного регіону України. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2011. Вип. 21(4). С. 9–16.

31. Гут Р. Т., Король М. М. Взаємозв'язок основних морфометричних показників дерев сосни звичайної різних ценопопуляцій. *Лісівництво і агролісомеліорація*. 2008. Вип. 113. С. 92–98.

32. Зборовська О. В., Краснов В. П., Ландін В. П., Захарчук В. А. Радіальний приріст сосни звичайної на моренних відкладах Житомирського Полісся. *Агроекологічний журнал*. 2018. № 1. С. 3–13.

33. Іванюк І. Д., Фучило Я. Д. Вплив метеорологічних чинників на радіальний приріст дуба звичайного в умовах свіжих і вологих сугрудів Полісся України. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2020. Вип. 30(1). С. 53–60.

34. Коваль І. М. Реакція радіального приросту сосни звичайної на зміни клімату та рекреаційне навантаження в лісостеповій зоні України. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2011. Вип. 21(4). С. 123–130.

35. Коваль І. М., Bräuning A. Вплив кліматичних змін на радіальний приріст *Pinus sylvestris* L. та *Quercus robur* L. у зеленій зоні м. Харкова. *Ukrainian Botanical Journal*. 2024. Т. 81, № 2. С. 126–141.

36. Коваль І. М., Бологов О. В., Нусбаум С. А., Юзвінський Г. А. Радіальний приріст дуба звичайного та ясена звичайного як індикатор стану лісових екосистем в умовах Новоград-Волинського фізико-географічного району. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2015. Вип. 25(3). С. 42–48.

37. Коваль І. М., Борисова В. Л. Реакція на зміни клімату радіального приросту ясена звичайного в насадженнях Лівобережного Лісостепу. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2019. Вип. 29(7). С. 49–54.

38. Коваль І. М., Воронін В. О. Реакція радіального приросту *Pinus sylvestris* L. на зміну клімату в насадженнях Лівобережного Лісостепу. *Scientific Horizons*. 2019. Т. 22, № 11. С. 23–32.

39. Коваль І. М., Токарева Н. А., Невмивака М. О., Воронин В. О. Динаміка радіального приросту дерев, пошкоджених пожежею, в соснових насадженнях Лісостепової зони Харківщини. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2016. Вип. 26(5). С. 82–88.

40. Коваль І.М. Дендрохронологічні засади оцінювання соснових і дубових деревостанів України: дис докт. с.-г. наук: 06.03.03. Київ, 2021. 415 с.

41. Коваль І. М., Vräuning A. Вплив клімату на радіальний приріст дуба звичайного в насадженні Лівобережного Лісостепу // *Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування: освіта – наука – виробництво* : матеріали XXI Міжнар. наук.-практ. конф., (Харків, 2018). Харків, 2018. С. 100–102.

42. Краснов В. П., Жуковський О. В., Зборовська О. В., Мельник В. В. Радіальний приріст соснових насаджень, створених з різною густиною в Житомирському Поліссі. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2020. Вип. 30(4). С. 57–61.

43. Мазепа В. Г. Методика оцінки динаміки радіального приросту дубових деревостанів в умовах атмосферного забруднення. *Наукові праці Лісівничої академії наук України: Збірник наукових праць*. 2009. Вип. 7. С. 36–40.

44. Мазепа В. Г., Криницький Г. Т., Леонтьяк Г. П. Наслідки впливу змін клімату та атмосферного забруднення на радіальний приріст сосняків в умовах

Малого Полісся України. *Наукові праці Лісівничої академії наук України: Збірник наукових праць*. 2009. Вип. 7. С. 41–47.

45. Мельник В. В., Зборовська О. В. Радіальний приріст сосни звичайної у насадженнях Житомирського Полісся, в яких рубки догляду за лісом не проводять з часу аварії на ЧАЕС.

46. Нецветов М. В., Прокопук Ю. С. Вік і радіальний приріст старовікових дерев *Quercus robur* парку "Феофанія". *Український ботанічний журнал*. 2016. Т. 73, № 2. С. 126–132.

47. Новак А. А., Копій С. Л., Агій В. О. Особливості радіального приросту фенологічних форм дуба звичайного (*Quercus robur* L.) у західному Лісостепу України. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2022. Вип. 32(4). С. 7–11.

48. Приходько Н. Ф., Парпан Т. В., Ткачук О. М., Приходько М. М. Радіальний приріст ялини європейської (*Picea abies* L.) в осередку її всихання (Горгани, Українські Карпати). *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України*. 2020. Вип. 30(3). С. 41–46.

49. Прокопук Ю. С., Конякін С. М., Нецветов М. В. Вплив кліматичних чинників на радіальний приріст *Tilia cordata* (Malvaceae s. l. / Tiliaceae s. str.) у лісових біотопах Києва. *Український ботанічний журнал*. 2020. Т. 77, № 3. С. 245–252.

50. Рибалка І. О., Вергелес Ю. І., Коваль І. М. Вплив омели білої (*Viscum album* L.) на динаміку радіального приросту клена сріблястого (*Acer saccharinum* L.) у лісостеповій зоні України. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2012. Вип. 22(15). С. 57–63.

51. Романенко В. А., Ковалевський С. Б. Вплив змін клімату на радіальний приріст сосни звичайної в насадженнях Боярської лісової дослідної станції // *Науковий вісник НЛТУ України*. 2023. Т. 33, №5. С. 40-45

52. СОУ 02.02-37-476: 2006. Площі пробні лісовпорядні: метод закладання. [Чинний від 2007]. Вид. офіц. Київ: Міністерство аграрної політики України, 2006. 32 с.

ДОДАТКИ

Таблиця А.1. Дослідні данні тимчасової пробної площі № 1

№ мод. дерева	Висота перерізу, м	Кількість кілець, шт	Ширина річного кільця, мм			Стандартне відхилення	Коефіцієнт варіації
			мінімальна	максимальна	середня		
1	0	30	1,06	9,69	3,63	1,76	48,5
	1	29	0,51	10,78	3,43	2,18	63,6
	1,3	28	0,61	9,09	3,43	2,21	64,4
	3	26	0,77	9,50	3,65	2,29	62,8
	5	23	0,93	7,99	3,91	1,88	48,0
	7	21	1,09	8,07	4,22	1,61	38,1
	9	18	1,19	8,65	4,25	1,97	46,4
	11	16	1,53	10,03	4,30	1,78	41,4
	13	14	2,07	7,43	4,39	1,66	37,8
	15	10	2,32	7,74	4,67	1,31	28,0
	17	6	2,50	5,63	3,80	0,88	23,2
2	0	32	0,95	9,11	3,68	1,91	51,8
	1	30	0,93	8,99	3,47	1,83	52,8
	1,3	29	0,98	9,74	3,57	1,82	50,9
	3	26	0,76	8,17	3,74	1,77	47,4
	5	24	0,81	11,74	4,00	2,61	65,3
	7	22	1,19	10,45	3,90	2,21	56,5
	9	19	0,75	8,80	4,22	1,62	38,4
	11	16	2,25	7,41	4,32	1,05	24,4
	13	12	2,64	9,42	5,25	1,78	33,8
	15	9	2,38	9,48	5,18	1,86	35,9
	17	6	3,27	9,77	6,39	1,70	26,6
3	0	31	0,24	9,41	3,19	2,22	69,7
	1	28	0,59	8,25	3,21	1,94	60,5
	1,3	25	0,55	9,30	3,44	2,20	63,8
	3	22	0,59	8,91	3,69	2,48	67,2
	5	20	0,80	11,62	3,97	2,94	74,1
	7	17	0,66	10,57	4,06	2,59	63,8
	9	15	0,86	8,24	4,15	1,89	45,6
	11	13	1,08	12,61	4,35	2,31	53,0
	13	9	1,05	12,41	4,47	2,82	63,2
	15	6	2,72	7,72	4,67	1,65	35,2
	17	3	2,47	7,29	4,49	1,87	41,6
4	0	30	1,06	11,15	3,75	1,82	48,6
	1	27	1,25	8,39	3,86	1,83	47,5
	1,3	25	0,55	9,30	3,44	2,20	63,8
	3	25	1,05	10,56	4,10	2,33	56,7
	5	21	1,52	11,52	4,86	2,25	46,3
	7	18	2,41	10,15	5,17	1,94	37,7
	9	16	2,63	9,79	5,35	1,67	31,1
	11	13	1,40	14,34	6,02	2,97	49,4
	13	11	3,46	9,90	5,99	1,67	28,0
	15	8	4,63	14,84	6,56	2,93	44,7
17	5	4,66	10,49	6,97	1,40	20,1	

№ мод. дерева	Висота перерізу, м	Кількість кілець, шт	Ширина річного кільця, мм			Стандартне відхилення	Коефіцієнт варіації
			мінімальна	максимал ьна	середня		
5	0	30	1,21	10,46	4,94	1,79	36,1
	1	27	2,77	8,55	4,75	1,26	26,5
	1,3	25	0,55	9,30	3,44	2,20	63,8
	3	23	3,14	10,03	5,18	1,51	29,2
	5	21	2,68	11,10	5,63	1,76	31,3
	7	20	2,69	11,10	5,82	1,85	31,7
	9	16	3,88	9,88	6,71	1,38	20,6
	11	14	3,24	9,46	6,78	1,46	21,6
	13	12	4,07	10,87	7,04	1,81	25,8
	15	9	3,87	9,64	6,82	1,69	24,8
	17	7	2,57	8,45	5,99	1,70	28,3
6	0	30	0,67	9,93	2,99	1,69	56,5
	1	26	1,12	9,05	3,23	1,91	59,0
	1,3	25	0,97	14,40	3,23	2,18	67,5
	3	22	1,06	8,87	3,59	2,15	60,0
	5	21	0,91	9,94	3,56	2,24	62,9
	7	18	0,94	9,00	3,75	2,01	53,5
	9	15	0,81	8,11	4,24	2,00	47,1
	11	13	1,76	8,92	5,16	1,89	36,6
	13	10	1,68	8,83	4,80	1,95	40,6
	15	7	2,08	9,07	4,90	1,76	36,0
	17	3	3,59	6,08	4,77	0,67	13,9
7	0	29	1,31	10,83	3,82	1,89	49,4
	1	26	1,07	9,30	3,83	2,11	55,0
	1,3	26	0,97	11,73	3,79	2,35	62,1
	3	24	1,12	9,01	3,88	2,34	60,3
	5	20	1,26	10,50	4,49	2,60	57,9
	7	16	1,97	15,41	4,86	3,15	64,9
	9	15	0,90	8,65	4,30	2,21	51,5
	11	9	3,34	11,46	6,29	2,09	33,2
	13	7	2,59	7,31	4,71	1,26	26,7
	15	2	5,97	10,57	7,92	1,58	20,0
8	0	32	0,88	7,27	3,71	1,74	46,8
	1	28	0,59	8,37	3,58	1,82	51,0
	1,3	27	0,64	9,10	3,66	1,81	49,4
	3	24	0,55	8,80	4,05	2,30	56,9
	5	22	0,43	9,28	4,20	2,45	58,3
	7	19	1,01	11,04	4,74	2,46	51,9
	9	17	1,32	8,28	4,76	1,69	35,6
	11	15	2,60	8,48	5,01	1,24	24,7
	13	11	2,55	8,69	5,17	1,77	34,3
	15	8	3,78	7,99	5,46	1,09	20,0
	17	4	3,12	7,36	5,15	1,32	25,6

Таблиця А.2. Дослідні данні тимчасової пробної площі № 2

№ мод. дерева	Висота перерізу, м	Кількість кілець, шт	Ширина річного кільця, мм			Стандартне відхилення	Коефіцієнт варіації
			мінімальна	максимальна	середня		
1	0	71	0,28	7,10	1,92	1,47	76,4
	1	69	0,29	8,32	1,71	1,63	94,8
	1,3	66	0,27	8,32	1,71	1,66	97,4
	3	64	0,21	7,47	1,80	1,73	96,0
	5	59	0,31	9,69	1,78	1,75	98,5
	7	55	0,24	7,99	1,72	1,59	92,6
	9	55	0,31	7,27	1,75	1,67	95,7
	11	50	0,27	6,21	1,72	1,54	89,7
	13	47	0,34	7,32	1,76	1,61	91,3
	15	47	0,33	7,13	1,60	1,53	95,5
	17	41	0,27	4,71	1,68	1,08	64,3
	19	37	0,46	4,62	1,80	1,19	65,9
	21	31	0,56	4,30	1,77	0,92	52,0
	23	29	0,41	4,16	1,47	0,81	55,0
	25	22	0,44	1,77	1,00	0,32	31,4
	27	16	0,59	3,16	1,38	0,60	43,3
2	0	71	0,57	6,19	2,17	1,15	52,7
	1	69	0,31	6,22	1,97	1,31	66,4
	1,3	67	0,47	6,35	1,98	1,29	65,1
	3	65	0,48	6,86	1,95	1,25	64,0
	5	57	0,62	6,86	2,16	1,38	63,9
	7	54	0,53	8,44	2,25	1,49	65,9
	9	48	0,53	6,56	2,46	1,65	67,1
	11	47	0,49	7,39	2,33	1,70	72,9
	13	45	0,42	6,96	2,37	1,71	72,0
	15	41	0,48	6,59	2,37	1,62	68,3
	17	35	0,72	6,59	2,63	1,77	67,3
	19	33	0,56	7,27	2,56	1,77	69,3
	21	26	0,68	6,49	2,74	1,77	64,6
	23	24	0,68	6,19	2,69	1,48	54,9
	25	20	0,63	4,41	2,45	0,93	38,0
	27	14	0,67	3,60	2,29	0,60	26,0
29	11	1,01	3,48	1,95	0,61	31,2	
3	0	67	0,55	8,98	2,61	1,62	62,1
	1	63	0,54	10,66	2,27	1,96	86,3
	1,3	62	0,35	7,40	2,21	1,67	75,3
	3	60	0,31	9,02	2,09	1,79	86,0
	5	57	0,24	6,69	1,88	1,34	71,5
	7	55	0,34	6,94	2,06	1,51	73,0
	9	48	0,46	6,97	2,29	1,65	71,9
	11	47	0,46	6,55	2,22	1,60	72,0
	13	44	0,28	6,31	2,31	1,65	71,5
15	41	0,42	6,73	2,31	1,67	72,5	

№ мод. дерева	Висота перерізу, м	Кількість кілець, шт	Ширина річного кільця, мм			Стандартне відхилення	Коефіцієнт варіації
			мінімальна	максимальна	середня		
3	17	39	0,51	5,90	2,22	1,46	65,9
	19	36	0,38	5,67	2,17	1,50	68,9
	21	31	0,42	4,40	2,26	1,13	49,8
	23	26	0,55	5,44	2,42	1,39	57,5
	25	23	0,47	5,72	2,21	1,26	56,7
	27	10	0,73	3,86	1,94	0,88	45,6
4	0	68	0,45	7,54	1,77	1,10	62,0
	1	66	0,30	7,00	1,60	1,12	70,1
	1,3	64	0,32	6,96	1,63	1,16	71,0
	3	59	0,36	6,07	1,71	1,15	67,0
	5	57	0,40	5,16	1,68	1,07	63,4
	7	56	0,49	5,56	1,74	1,11	63,8
	9	52	0,43	4,71	1,74	0,90	51,8
	11	44	0,46	4,31	1,93	1,10	56,9
	13	40	0,35	5,68	1,83	1,23	67,0
	15	36	0,51	5,64	1,98	1,33	67,2
	17	34	0,28	5,37	1,83	1,49	81,3
	19	31	0,28	6,15	1,77	1,50	84,8
	21	27	0,44	4,75	1,72	1,11	64,5
	23	24	0,36	3,89	1,40	0,83	59,4
	25	18	0,43	3,12	1,07	0,52	48,7
27	10	0,71	3,69	1,53	0,65	42,4	
5	0	74	0,79	5,50	2,17	0,82	37,7
	1	71	0,64	9,30	1,93	1,08	55,7
	1,3	67	0,15	0,92	0,33	0,14	43,9
	3	67	0,12	0,93	0,32	0,16	51,6
	5	63	0,82	5,75	1,97	1,01	51,2
	7	58	0,81	6,69	2,10	1,07	51,0
	9	54	0,71	4,40	2,01	0,89	44,3
	11	50	0,67	7,04	2,33	1,32	56,6
	13	46	0,74	5,42	2,26	1,14	50,4
	15	41	0,67	6,52	2,40	1,25	52,2
	17	37	0,39	5,04	2,27	1,23	54,0
	19	33	0,28	6,15	1,77	1,50	84,8
	21	29	0,44	4,75	1,72	1,11	64,5
	23	22	0,36	3,89	1,40	0,83	59,4
	25	16	0,43	3,12	1,07	0,52	48,7
27	10	0,71	3,69	1,53	0,65	42,4	
6	0	71	0,53	7,14	2,59	1,28	49,2
	1	70	0,31	8,24	2,10	1,41	66,9
	1,3	70	0,28	7,55	2,11	1,47	69,3
	3	65	0,40	7,60	2,17	1,62	74,4
	5	62	0,30	8,93	2,22	1,81	81,7
	7	61	0,30	8,41	2,11	1,73	82,0
	9	58	0,36	7,60	2,18	1,72	78,7

№ мод. дерева	Висота перерізу, м	Кількість кілець, шт	Ширина річного кільця, мм			Стандартне відхилення	Коефіцієнт варіації
			мінімальна	максимальна	середня		
6	11	55	0,43	6,59	2,14	1,62	75,68
	13	50	0,25	7,17	2,24	1,82	81,06
	15	47	0,29	6,89	2,19	1,76	80,43
	17	44	0,35	6,50	2,36	1,55	65,67
	19	39	0,46	5,63	2,42	1,65	67,91
	21	34	0,52	6,30	2,47	1,60	64,76
	23	31	0,43	5,38	2,18	1,25	57,56
	25	27	0,45	4,78	2,00	1,04	52,29
	27	22	0,65	3,58	1,56	0,66	42,27
	29	6	2,22	5,18	3,48	1,04	29,94
7	0	72	0,38	5,36	1,94	1,03	53,11
	1	71	0,45	6,37	1,68	0,91	54,05
	1,3	62	0,57	8,50	1,87	1,21	64,63
	3	61	0,42	5,95	1,79	1,20	67,18
	5	58	0,48	6,53	1,88	1,24	65,67
	7	56	0,30	5,86	1,88	1,24	65,92
	9	53	0,39	6,79	1,91	1,21	63,48
	11	43	0,50	5,40	2,25	1,33	59,39
	13	39	0,33	6,09	2,03	1,45	71,08
	15	–	–	–	–	–	–
	17	33	0,38	6,79	2,20	1,58	71,67
	19	32	0,37	4,76	1,98	1,29	65,02
	21	25	0,60	6,37	2,26	1,37	60,88
	23	21	0,76	5,31	2,16	0,99	45,98
	25	15	1,24	3,36	1,89	0,48	25,51
27	11	0,97	2,46	1,81	0,36	19,64	
8	0	74	0,36	6,63	2,03	1,18	57,91
	1	71	0,33	7,65	1,97	1,17	59,60
	1,3	70	0,27	7,33	1,86	1,22	65,55
	3	66	0,36	6,44	2,08	1,42	68,44
	5	60	0,35	6,92	2,05	1,48	71,90
	7	57	0,49	6,25	2,14	1,38	64,33
	9	54	0,48	6,19	2,17	1,41	64,74
	11	51	0,46	7,39	2,31	1,73	75,14
	13	45	0,61	7,42	2,50	1,70	67,79
	15	42	0,57	6,44	2,44	1,58	64,71
	17	38	0,51	7,81	2,44	1,64	67,16
	19	35	0,50	5,81	2,39	1,39	58,09
	21	32	0,49	5,02	2,20	1,22	55,71
	23	27	0,70	4,38	2,19	0,89	40,73
	25	22	0,71	4,43	1,97	0,77	39,31
27	14	0,84	3,85	1,97	0,82	41,77	
29	7	1,98	4,94	3,42	0,82	24,04	
9	0	74	0,44	3,98	1,95	0,81	41,39
	1	68	0,46	6,39	1,91	1,01	52,70

№ мод. дерева	Висота перерізу, м	Кількість кілець, шт	Ширина річного кільця, мм			Стандартне відхилення	Коефіцієнт варіації
			мінімальна	максимальна	середня		
9	1,3	63	0,56	7,17	2,02	1,18	58,20
	3	62	0,31	6,97	1,83	1,21	65,90
	5	59	0,46	6,64	1,92	1,14	59,41
	7	55	0,46	8,20	1,92	1,29	67,25
	9	52	0,29	7,69	1,98	1,41	71,09
	11	48	0,35	7,17	2,06	1,40	67,63
	13	46	0,30	6,11	2,01	1,29	64,27
	15	41	0,53	5,27	2,10	1,27	60,42
	17	34	0,68	7,10	2,30	1,17	51,05
	19	33	0,43	5,28	2,19	1,10	50,10
	21	27	0,70	4,10	2,17	0,82	37,78
	23	21	0,58	3,26	1,75	0,52	29,81
	25	16	1,02	3,59	2,12	0,54	25,40
10	0	74	0,79	6,18	2,14	0,90	41,92
	1	71	0,61	5,39	1,95	0,82	42,17
	1,3	65	0,56	7,33	2,13	1,18	55,15
	3	64	0,50	5,90	1,99	1,02	51,18
	5	63	0,56	6,30	2,06	1,10	53,66
	7	60	0,54	5,53	1,99	1,06	53,46
	9	54	0,59	6,67	2,20	1,37	62,17
	11	50	0,62	6,05	2,33	1,39	59,47
	13	46	0,39	6,55	2,28	1,46	63,95
	15	42	0,58	6,63	2,35	1,54	65,34
	17	37	0,52	6,80	2,45	1,44	58,82
	19	33	0,66	5,93	2,47	1,29	52,32
	21	31	0,69	5,30	2,40	1,30	54,38
	23	24	0,91	5,02	2,40	1,05	43,64
25	19	0,62	4,35	1,63	0,74	45,52	
27	15	0,48	3,22	1,36	0,54	39,94	
11	0	69	0,73	5,40	2,42	0,99	40,79
	1	66	0,43	6,94	2,15	1,10	50,96
	1,3	65	0,50	6,72	2,09	1,22	58,01
	3	57	0,51	8,71	2,44	1,60	65,56
	5	55	0,63	6,22	2,34	1,37	58,69
	7	53	0,47	6,06	2,16	1,30	60,38
	9	51	0,26	6,47	2,20	1,48	67,08
	11	49	0,35	6,78	2,04	1,36	66,95
	13	42	0,46	5,50	2,17	1,02	47,06
	15	33	0,93	6,33	2,24	0,99	44,25
	17	28	0,65	4,63	2,30	1,09	47,38
	19	23	0,66	4,29	2,09	1,00	47,77
	21	14	0,59	3,66	1,83	0,72	39,16
	23	12	1,15	5,32	2,32	0,91	39,04
25	11	0,73	3,15	1,61	0,59	36,41	
12	0	77	0,56	6,36	2,08	1,07	51,60

№ мод. дерева	Висота перерізу, м	Кількість кілець, шт	Ширина річного кільця, мм			Стандартне відхилення	Коефіцієнт варіації
			мінімальна	максимальна	середня		
12	1	71	0,54	5,92	2,11	1,17	55,63
	1,3	67	0,79	6,87	2,19	1,15	52,54
	3	66	0,47	7,87	2,25	1,53	67,91
	5	63	0,47	7,09	2,18	1,55	71,19
	7	57	0,65	7,64	2,25	1,50	66,89
	9	54	0,53	10,21	2,36	1,57	66,53
	11	48	0,53	6,48	2,48	1,38	55,77
	13	44	0,50	9,88	2,44	1,69	69,46
	15	43	0,59	4,90	2,21	1,03	46,68
	17	37	0,79	4,49	2,38	0,88	37,21
	19	—	—	—	—	—	—
	21	28	0,76	4,87	2,00	0,82	40,91
	23	20	1,15	5,32	2,32	0,91	39,04

Додаток А.3

Таблиця А.3. Показники середньомісячної температури за період 1920 – 2023 рр., метеостанція Київ(обсерваторія)

Рік/місяць	січень	лютий	березень	квітень	травень	червень	липень	серпень	вересень	жовтень	листопад	грудень	середньорічна
1920	-4,6	-5,3	2,9	12,5	16,9	15,6	22,4	20,4	13,9	2,2	-2,5	-5,7	7,4
1921	-1,1	-6,5	4,8	10,6	16,6	17,9	19,6	19,8	11,8	7,9	-3,5	-5,9	7,7
1922	-8,6	-5,4	1,4	6,6	14,5	17,5	20,5	18,1	11,4	4,0	1,9	-1,7	6,7
1923	-2,6	-8,4	1,0	5,5	16,7	16,1	18,1	16,4	15,8	10,4	5,8	-3,5	7,6
1924	-11,8	-7,4	-3,5	5,3	17,7	21,3	18,2	18,6	16,6	8,1	0,5	-5,0	6,6
1925	-0,3	1,5	1,9	9,0	16,8	14,9	20,6	17,9	12,7	6,8	1,9	-4,2	8,3
1926	-5,8	-4,8	-1,9	8,6	15,0	17,5	20,1	15,5	12,6	7,6	6,1	-2,7	7,3
1927	-8,2	-6,4	1,7	7,3	12,7	19,7	20,4	20,3	16,6	8,9	1,5	-9,2	7,1
1928	-5,3	-7,9	-5,3	6,1	13,0	14,3	19,4	16,4	13,5	6,9	4,5	-2,6	6,1
1929	-8,8	15,9	-4,6	2,0	16,7	15,4	19,0	22,8	12,3	11,8	3,3	-1,7	6,0
1930	-2,2	-3,9	2,3	9,0	14,5	17,0	17,8	18,8	13,0	9,0	4,0	-5,8	7,8
1931	-7,0	-9,9	-2,8	-4,4	16,9	17,9	21,6	18,1	12,2	6,8	-0,3	-3,7	6,2
1932	-2,5	-10,3	-4,8	6,7	16,5	17,7	20,9	18,9	16,7	9,7	2,0	0,1	7,6
1933	-9,2	-5,2	-1,2	3,7	12,9	14,8	19,4	16,6	12,6	8,4	1,5	-9,4	5,4
1934	-6,4	-3,3	3,4	10,7	16,6	17,5	19,1	19,2	15,9	9,9	3,8	-6,8	8,3
1935	-9,9	-3,5	-1,1	7,8	12,5	19,2	16,9	18,4	14,4	12,4	-0,9	-1,2	7,1
1936	0,4	-5,4	2,9	7,5	16,4	19,0	25,5	18,2	12,4	4,9	1,9	-1,2	8,5
1937	-9,1	-4,3	2,1	7,9	17,4	19,5	19,8	19,2	17,8	7,5	2,6	-2,0	8,2
1938	-6,0	-3,4	3,4	6,8	14,0	18,6	22,6	21,9	15,9	10,2	4,9	-6,7	8,5
1939	-2,8	-1,0	-0,5	9,1	15,2	19,5	12,5	22,0	14,5	5,0	1,9	-3,2	8,4
1940	-11,2	-9,5	-3,5	5,6	14,3	19,0	19,5	18,2	13,8	5,1	4,6	-5,7	5,8
1941	-9,9	-3,3	-1,6	7,3	11,4	16,0	20,4	18,4	-	-	-	-	-
1942	-15,0	-8,9	-6,9	4,3	13,2	15,3	19,0	20,0	15,9	8,2	-0,9	-3,3	5,1
1943	-9,6	-3,3	0,7	9,6	12,6	17,9	17,9	20,2	-	-	-	-3,0	-
1944	-2,1	-2,1	0,3	5,1	13,5	17,5	19,9	19,3	15,8	9,3	3,2	-4,1	8,0
1945	-7,7	-6,1	-0,4	6,9	12,8	17,1	19,2	19,1	14,3	6,6	0,6	-4,8	6,5

Продовження таблиці А.3

1946	-5,5	-3,9	0,2	9,6	16,5	21,2	20,5	22,8	15,3	3,2	-0,6	-5,8	7,8
1947	-9,7	-8,2	0,3	9,3	15,3	19,9	21,5	17,8	14,9	4,2	1,2	-0,4	7,2
1948	-1,2	-5,4	1,0	10,2	16,7	19,9	18,5	19,6	13,8	8,3	0,6	-5,3	7,9
1949	-1,8	2,9	0,3	7,5	17,5	16,5	19,1	18,2	14,8	7,0	4,4	0,0	8,3
1950	-12,4	-1,2	1,1	12,9	15,8	17,5	18,9	17,2	14,6	6,5	2,4	-0,7	7,7
1951	-5,1	6,6	0,7	10,7	13,9	19,3	20,4	20,6	15,3	4,6	2,2	-0,4	8,0
1952	-1,6	-3,1	-6,4	9,3	12,7	17,4	19,5	20,8	14,4	8,1	1,1	-3,1	7,4
1953	-4,7	-7,4	0,5	7,9	13,7	20,9	22,1	19,2	13,6	7,9	-1,6	-3,7	7,4
1954	-12,5	-13,0	0,9	5,3	15,4	21,8	20,3	20,4	16,0	7,9	1,8	-1,8	6,9
1955	-3,6	-3,1	-0,8	5,0	13,4	16,9	21,0	19,8	16,6	19,9	-0,2	-3,1	7,6
1956	-4,3	-13,1	-2,8	7,0	13,4	20,9	18,2	18,1	12,2	8,0	-2,8	-3,3	6,0
1957	-4,1	0,6	-0,3	9,3	14,6	18,9	20,3	19,1	13,7	8,0	3,0	-3,3	8,3
1958	-3,8	-1,0	-0,6	5,8	17,6	16,7	19,8	18,3	12,2	8,1	1,0	-0,5	7,8
1959	-2,1	-2,6	1,8	8,0	13,3	19,0	23,4	19,7	10,9	5,5	-0,3	-5,1	7,6
1960	-4,8	-5,0	-2,2	7,4	14,4	19,3	21,3	17,9	12,0	9,3	3,7	2,8	8,0
1961	-4,6	-1,3	3,5	9,7	13,2	20,2	20,4	18,4	13,7	8,2	2,8	-3,9	8,4
1962	-1,3	-3,8	-1,5	10,4	14,8	16,7	17,4	18,7	13,4	8,8	4,2	-4,1	7,8
1963	-13,9	-5,6	-3,8	6,5	18,2	17,3	21,7	20,9	16,7	8,8	4,4	-7,1	7,0
1964	-6,6	-7,4	-4,1	8,5	13,0	22,2	20,2	16,4	14,3	9,2	2,1	-0,1	7,3
1965	-4,9	-7,2	-0,1	5,3	12,7	17,5	18,6	17,1	14,8	6,5	-1,7	0,1	6,6
1966	-3,9	-1,8	3,3	11,5	16,4	16,9	20,7	19,5	12,7	11,5	1,2	-3,5	8,7
1967	-9,8	-6,3	1,6	9,6	17,5	18,2	20,4	18,5	15,6	11,2	4,4	-4,5	8,0
1968	-9,0	-4,4	1,0	10,4	15,1	20,1	18,0	19,4	14,1	7,0	1,0	-3,4	7,4
1969	-9,8	-7,0	-3,5	7,3	14,8	17,3	18,8	18,1	13,2	7,5	5,7	-6,5	7,5
1970	-5,5	-4,9	0,6	9,5	15,0	17,2	20,8	17,7	13,4	6,4	3,2	-2,0	7,6
1971	-3,0	-3,6	-1,7	7,4	16,0	18,1	18,4	19,1	12,1	7,3	2,1	0,9	7,8
1972	-10,9	-4,4	1,5	10,9	16,3	19,7	22,0	20,8	13,4	6,8	3,4	-0,5	8,3
1973	-6,9	-0,2	1,6	10,6	14,4	17,9	20,1	18,5	12,1	7,3	0,9	-2,6	7,8

Продовження таблиці А.3

1974	-5,7	-0,1	2,7	6,9	12,6	17,0	17,9	18,7	15,6	9,6	2,9	0,4	8,2
1975	0,4	-2,0	3,7	11,2	19,0	20,7	20,3	19,5	16,9	7,6	-0,3	-1,2	9,7
1976	-5,8	-8,7	0,0	10,2	12,6	16,2	18,1	16,5	13,3	4,2	2,6	-0,8	6,5
1977	-6,4	-1,0	2,8	8,3	15,2	17,2	19,0	16,9	11,7	7,7	4,1	-4,3	7,6
1978	-5,8	-5,2	2,3	8,7	12,6	16,6	17,1	18,0	11,9	8,1	4,7	-6,1	6,9
1979	-5,4	-6,3	2,2	6,5	17,6	21,5	16,9	19,1	14,9	5,9	0,9	-0,1	7,8
1980	-7,2	-4,4	-3,6	7,0	11,3	17,1	18,8	17,3	13,7	8,8	1,3	-1,3	6,6
1981	-	-2,2	2,0	5,4	16,1	21,1	20,8	18,3	14,2	9,6	1,8	-1,5	-
1982	-3,1	-4,9	2,0	7,0	15,1	16,9	18,5	19,3	15,7	8,7	4,0	2,2	8,5
1983	-0,5	-2,6	3,2	10,9	17,9	18,2	19,2	18,9	16,2	8,3	1,2	-1,4	-
1984	-2,4	-5,9	0,4	9,8	16,7	15,7	17,6	18,7	15,4	10,1	0,5	-5,0	7,6
1985	-9,5	-12,5	-3,3	9,4	17,0	16,7	17,9	20,7	12,5	8,1	-1,4	-1,3	6,2
1986	-2,7	-9,2	0,2	10,7	16,7	19,3	19,0	19,9	12,5	7,3	1,7	-3,5	7,7
1987	-13,7	-3,9	-5,7	5,0	14,2	18,2	20,3	16,4	13,3	6,8	2,2	-3,0	5,8
1988	-4,8	-3,4	1,3	8,1	15,2	18,3	21,7	18,5	14,1	7,2	-2,2	-3,1	7,6
1989	0,5	2,5	5,2	10,1	15,2	19,4	19,4	19,6	14,5	9,1	0,2	-0,2	9,6
1990	-0,1	2,7	6,9	9,4	14,6	16,9	18,4	18,5	12,0	8,6	5,2	-2,3	9,2
1991	-1,6	-5,8	0,5	-	12,8	18,5	21,2	18,5	14,8	8,8	2,4	-2,8	-
1992	-1,8	-1,7	3,7	7,0	13,6	18,7	20,7	22,9	13,5	6,4	1,6	-3,6	8,4
1993	-1,2	-2,4	0,9	8,0	16,5	16,7	17,9	17,5	11,5	7,8	-6,0	-0,2	7,3
1994	0,1	-5,8	1,4	10,9	13,1	16,3	21,1	19,1	17,8	8,0	1,1	-3,4	8,3
1995	-3,9	2,2	3,5	8,6	14,0	20,1	20,5	19,8	13,0	9,0	-0,3	5,4	9,3
1996	-9,8	-7,1	-3,0	9,2	18,6	18,8	19,3	19,1	11,2	8,6	6,7	-3,9	7,3
1997	-5,7	-1,1	2,1	6,1	16,1	18,3	19,4	19,2	11,8	6,2	3,2	-4,2	7,6
1998	-1,0	0,4	1,3	10,3	15,2	19,8	19,5	18,3	14,2	7,7	-3,3	-5,1	8,1
1999	-2,2	-1,5	3,2	11,7	12,8	22,6	22,7	19,3	15,8	8,2	-0,2	-0,2	9,4
2000	-4,1	0,0	1,7	12,7	15,4	17,9	19,1	20,5	12,3	9,5	4,5	1,3	9,2
2001	-1,0	-2,5	2,7	11,2	14,2	16,7	24,6	21,0	13,8	9,3	2,3	-7,3	8,8

Продовження таблиці А.3

2002	-2,6	3,7	3,5	9,9	16,5	18,4	23,9	20,1	13,9	10,8	6,5	-8,4	9,7
2003	-3,8	-6,4	0,1	6,9	19,4	18,0	21,0	19,2	14,1	6,8	3,4	-0,6	8,2
2004	-4,3	-2,6	3,9	9,1	13,2	17,7	20,5	20,1	14,2	9,3	2,9	0,1	8,7
2005	-0,6	-5,1	-1,6	10,3	16,4	17,3	21,4	20,0	16,3	9,0	2,2	-1,0	8,7
2006	-7,5	-6,1	0,0	9,7	14,4	18,4	20,9	19,9	15,5	9,7	3,4	2,4	8,4
2007	2,1	-4,2	6,3	9,0	18,4	20,4	21,3	21,5	14,8	9,4	0,6	-0,9	9,9
2008	-3,0	0,6	4,6	10,7	14,3	18,8	20,8	21,6	13,5	10,7	3,5	-0,6	9,6
2009	-3,3	-1,7	2,3	11,1	15,1	20,4	21,7	19,2	17,3	9,1	4,7	-3,2	9,4
2010	-8,8	-3,2	1,4	10,3	17,3	22,0	24,4	24,6	20,2	10,6	8,0	-4,2	10,2
2011	-2,4	-6,8	1,5	10,2	16,7	21,1	21,7	19,3	15,8	7,7	2,4	2,2	9,1
2012	-4,0	-10,0	2,5	11,8	18,1	20,1	23,6	25,8	16,2	13,9	4,6	-5,0	9,8
2013	-4,3	-0,6	-1,7	10,3	18,9	21,6	20,8	19,9	12,4	9,7	6,4	-0,2	9,4
2014	-4,8	-0,5	6,8	10,3	16,9	18,2	22,0	21,3	15,3	7,7	1,7	-2,1	9,4
2015	-0,8	-0,7	5,1	9,7	16,0	20,4	21,9	22,6	17,8	7,3	4,7	1,9	10,5
2016	-5,7	2,0	3,9	12,4	15,5	20,5	22,4	21,1	16,1	6,5	1,2	-1,5	9,5
2017	-4,9	-2,8	6,2	10,4	15,2	20,0	20,9	22,4	16,4	8,4	3,3	1,6	9,8
2018	-2,4	-3,8	-1,9	13,1	18,8	20,6	21,4	22,5	17,3	10,7	0,3	-2,2	9,5
2019	-4,5	0,6	5,1	10,6	17,0	23,6	19,8	20,7	15,9	11,1	4,6	2,7	10,6
2020	0,8	2,5	6,5	9,9	12,4	21,7	21,9	21,4	18,4	12,5	3,8	-0,5	10,9
2021	-2,5	-4,5	2,7	8,0	14,3	21,3	24,6	21,1	13,5	8,4	4,8	-1,5	9,2
2022	-1,3	1,8	2,6	8,1	14,6	21,7	20,8	22,3	12,7	10,6	3,1	-0,7	9,7
2023	-0,3	-0,2	4,8	9,6	16,0	19,6	21,5	23,8	18,8	11,4	4,1	0,7	10,8

Додаток А.4

Таблиця А.4. Показники щомісячної суми опадів за період 1920 – 2023 рр., метеостанція Київ(обсерваторія)

Рік/місяць	січень	лютий	березень	квітень	травень	червень	липень	серпень	вересень	жовтень	листопад	грудень	сумарно за рік
1920	36	19	34	7	111	96	34	69	14	14	4	18	456
1921	42	10	2	29	64	50	34	41	15	21	100	16	424
1922	45	46	76	80	55	56	31	73	125	76	62	65	790
1923	45	56	54	25	41	76	75	56	149	32	80	59	748
1924	26	67	51	142	25	26	122	60	25	11	37	5	597
1925	8	34	31	33	49	102	25	124	81	27	97	53	664
1926	34	43	38	13	43	193	62	52	40	32	2	58	610
1927	26	23	74	79	90	24	41	54	38	24	60	64	597
1928	12	24	33	50	70	106	14	116	45	53	73	79	675
1929	49	38	16	57	79	77	76	18	52	42	31	17	552
1930	19	76	52	29	75	37	88	82	43	40	45	99	685
1931	57	24	55	99	69	73	39	38	67	39	70	39	669
1932	53	28	37	86	73	239	73	56	69	87	36	25	862
1933	23	67	29	98	88	129	113	117	90	35	81	55	925
1934	19	30	35	20	19	33	100	126	6	24	99	14	525
1935	58	58	24	47	79	16	67	64	18	10	41	76	558
1936	53	15	17	70	4	69	7	119	140	51	37	39	621
1937	44	53	72	86	9	18	67	160	10	52	79	103	753
1938	42	24	18	47	129	59	84	51	27	62	37	45	625
1939	66	13	44	33	64	34	34	48	27	98	24	72	557
1940	48	92	26	83	54	26	80	65	77	55	39	35	680
1941	25	70	49	62	98	62	118	60	–	–	–	–	–
1942	52	35	37	63	56	82	72	6	15	22	8	16	464
1943	72	14	6	27	65	69	101	20	–	–	–	–	–
1944	25	63	86	89	43	50	44	54	2	11	96	15	578

Продовження таблиці А.4

1945	60	27	21	13	57	25	59	66	20	28	21	21	418
1946	22	31	24	15	75	29	99	30	44	51	58	15	493
1947	10	50	63	44	24	51	105	223	46	117	84	74	891
1948	45	41	17	4	58	126	109	31	31	31	28	6	527
1949	12	18	35	36	14	92	134	79	6	5	43	83	557
1950	22	37	6	53	16	22	57	57	28	73	78	30	479
1951	10	42	44	45	78	86	91	5	65	13	18	20	517
1952	39	41	74	1	35	89	70	36	64	126	113	30	718
1953	44	46	16	47	77	35	60	65	50	19	14	14	487
1954	32	5	12	44	55	73	51	75	51	9	61	31	499
1955	73	29	29	16	69	76	68	109	24	47	18	49	607
1956	22	68	69	34	44	123	39	113	107	29	30	52	730
1957	34	20	25	23	71	75	51	79	98	8	41	20	545
1958	57	46	37	50	15	48	29	95	36	67	5	49	534
1959	39	14	26	24	42	36	5	49	45	20	100	45	445
1960	84	19	13	20	91	21	85	61	45	139	127	79	784
1961	42	20	18	16	106	36	52	103	14	10	64	23	504
1962	18	69	83	56	66	70	153	59	30	9	81	15	709
1963	24	51	32	22	23	100	31	74	6	5	38	25	431
1964	24	36	56	29	48	7	85	97	10	57	29	48	526
1965	45	49	27	35	34	42	109	107	19	34	52	58	611
1966	151	56	100	70	66	51	60	58	20	45	108	88	873
1967	83	54	45	57	43	74	14	163	3	19	60	85	699
1968	84	68	31	27	52	18	172	108	134	51	30	54	828
1969	36	86	37	63	59	81	108	65	19	47	46	100	748
1970	79	119	33	67	84	112	63	103	38	92	41	74	902
1971	46	46	61	24	30	78	110	43	132	41	55	68	733
1972	58	7	13	49	47	46	81	57	60	51	70	5	543

Продовження таблиці А.4

1973	28	74	37	14	85	17	76	16	46	33	38	105	569
1974	12	16	4	13	45	77	210	57	64	40	97	42	677
1975	34	14	28	51	15	64	46	21	5	51	13	54	395
1976	52	6	55	65	60	40	91	63	98	11	24	26	590
1977	37	104	22	128	14	92	55	119	40	5	76	27	717
1978	48	64	33	13	46	98	190	39	68	32	12	47	690
1979	71	17	70	96	28	10	61	77	26	50	60	45	613
1980	64	24	66	62	43	131	97	32	59	36	66	69	748
1981	–	47	42	33	26	49	105	49	19	101	59	110	-
1982	16	31	8	100	25	75	113	63	34	16	33	28	543
1983	39	41	39	54	108	62	32	44	23	42	34	21	-
1984	42	56	49	14	63	140	74	8	41	22	30	47	586
1985	74	35	12	35	87	84	101	31	91	11	86	40	686
1986	58	33	11	31	17	97	93	113	22	24	31	70	600
1987	66	11	36	72	91	67	65	86	66	15	56	39	668
1988	8	17	55	36	75	104	56	77	57	15	37	56	593
1989	13	57	35	28	29	162	65	55	100	57	40	32	673
1990	25	54	7	92	46	77	50	65	54	25	47	40	581
1991	18	52	7	–	117	97	63	55	7	61	17	20	-
1992	20	29	41	84	73	29	62	40	60	60	98	12	609
1993	36	47	51	36	25	87	108	54	129	19	22	75	689
1994	40	13	72	29	61	88	66	76	18	29	43	44	579
1995	35	45	33	69	106	55	63	75	101	11	39	31	662
1996	37	43	45	42	28	73	69	46	128	42	84	28	664
1997	9	24	30	41	48	83	92	35	71	59	56	86	633
1998	36	14	49	99	31	63	88	58	26	76	73	33	645
1999	48	41	43	20	48	47	81	132	8	52	47	58	626
2000	31	37	34	29	73	65	82	20	141	0	44	24	580

Продовження таблиці А.4

2001	33	54	89	65	33	152	6	16	53	23	70	39	632
2002	22	38	17	40	65	190	14	101	76	74	51	11	698
2003	37	18	26	24	49	26	61	87	52	110	30	32	553
2004	55	45	21	21	53	7	113	130	79	31	44	16	614
2005	50	62	52	68	60	111	29	86	7	78	40	78	722
2006	17	33	32	30	130	119	68	52	36	39	25	11	591
2007	48	61	15	9	49	85	110	96	30	23	86	22	633
2008	33	14	36	123	38	100	84	27	151	18	41	77	742
2009	34	45	55	2	35	63	22	16	16	27	31	88	434
2010	54	62	20	42	55	25	104	25	51	35	72	58	601
2011	23	33	7	23	26	132	153	53	18	77	5	29	579
2012	57	33	37	82	42	91	36	115	32	50	36	133	743
2013	56	79	113	33	40	89	18	51	211	15	83	17	805
2014	40	12	16	29	172	53	75	42	45	21	13	28	546
2015	56	35	50	5	79	13	52	2	25	40	69	25	451
2016	59	60	34	68	143	15	46	27	5	101	48	48	653
2017	32	36	18	25	34	27	62	57	43	80	47	129	590
2018	40	40	81	8	37	111	86	22	58	18	19	75	594
2019	45	34	32	48	81	67	73	45	22	13	28	33	521
2020	21	46	15	39	122	49	47	31	31	101	30	48	578
2021	63	62	17	45	74	24	63	65	23	2	29	66	533
2022	52	17	9	42	33	42	40	60	63	44	99	58	558
2023	19	30	42	102	1	87	136	19	8	66	98	65	673