

**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: Фізіологічна стійкість та поточний приріст соснових насаджень
Камінь-Каширського надлісництва філії «Поліський лісовий офіс»
ДП «Ліси України»

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)

Сіжук О.В.

Київ – 2025

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

ННІ 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

Сіжку Олександр Володимировичу

Спеціальність: 205 «Лісове господарство»

Освітня програма: Лісове господарство

Орієнтація освітньої програми: освітньо – професійна

Тема випускної магістерської роботи: Фізіологічна стійкість та поточний приріст соснових насаджень Камінь-Каширського надлісництва філії «Поліський лісовий офіс» ДП «Ліси України»

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

Термін подання студентом завершеної роботи на кафедрі 21.11.2025 р.

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

Перелік завдань, які потрібно виконати:

1. Провести аналіз літературних джерел.
2. Описати методику виконання досліджень.
3. Навести характеристику надлісництва.
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 _____ Сіжук О.В.

РЕФЕРАТ

Дипломна робота викладена на 79 сторінках друкованого тексту, містить 5 розділів, 29 ілюстрації, 13 таблиць, 6 додатків і 53 джерела у списку літератури.

У першому розділі подано аналітичний огляд літературних джерел, що стосуються закономірностей росту, фізіологічної стійкості та кліматичних факторів, які впливають на ріст та розвиток соснових насаджень.

Другий розділ містить опис методики збору, обробки та аналізу дослідного матеріалу, закладання тимчасових пробних площ, відбору кернів і методів їхньої лабораторної обробки.

У третьому розділі наведено характеристику лісового фонду Камінь-Каширського надлісництва філії «Поліський лісовий офіс» ДП «Ліси України», його таксаційні показники, вікову структуру, категорії лісів і обсяги заготівлі деревини.

Четвертий розділ присвячений дослідженню фізіологічної стійкості соснових насаджень. Визначено вплив кліматичних чинників (температури та кількості опадів) на ріст та розвиток соснових насаджень, побудовано математичні моделі, що відображають залежність між кліматичними умовами та величиною приросту. Встановлено, що найбільший вплив на стійкість соснових насаджень має температура повітря, тоді як гідротермічний фактор має другорядне значення.

У п'ятому розділі досліджено поточний приріст соснових насаджень за ключовими показниками. Отримано математичні моделі динаміки приросту, які описують його зміну з віком дерев та характеризують продуктивність різновікових соснових насаджень. Встановлено, що із віком спостерігається зниження темпів приросту, проте у середньовікових деревостанах він залишається найбільш стабільним.

Ключові слова: сосна звичайна, фізіологічна стійкість, радіальний приріст, поточний приріст, кліматичні показники, математична модель.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	7
РОЗДІЛ 2 МЕТОДИКА ЗБОРУ ТА ОБРОБКИ ДОСЛІДНОГО МАТЕРІАЛУ	18
РОЗДІЛ 3 ОРГАНІЗАЦІЙНА СТРУКТУРА ТА ХАРАКТЕРИСТИКА ЛІСОВОГО ФОНДУ ПІДПРИЄМСТВА.....	22
3.1. Місцезнаходження та організаційна структура надлісництва ..	22
3.2. Таксаційна характеристика насаджень надлісництва	23
РОЗДІЛ 4 ФІЗІОЛОГІЧНА СТІЙКІСТЬ СОСНОВИХ НАСАДЖЕНЬ	27
4.1. Загальна характеристика дослідних даних	27
4.2. Вплив температурних показників на ріст насаджень.....	31
4.3. Фізіологічна стійкість соснових насаджень	35
РОЗДІЛ 5 ПОТОЧНИЙ ПРИРІСТ СОСНОВИХ НАСАДЖЕНЬ	41
5.1. Радіальний приріст	41
5.2. Приріст по діаметру	53
5.3. Приріст по об'єму.....	55
ВИСНОВКИ.....	60
РЕКОМЕНДАЦІЇ	62
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	63
ДОДАТКИ.....	70

ВСТУП

Актуальність. Завдяки своєму екологічному значенню та розташуванню, ліси України виконують переважно захисні, водоохоронні, санітарно-гігієнічні та оздоровчі функції, маючи обмежене експлуатаційне значення.

Для вирішення важливих проблем лісового господарства, пов'язаних із відтворенням лісових ресурсів, їх використанням, покращенням породного складу та підвищенням продуктивності, необхідні знання про ріст і розвиток лісових насаджень. Однак у сучасних умовах зміни клімату, що проявляються у різких температурних коливань та нерівномірності опадів, спостерігається посилення впливу кліматичних факторів на ріст і стійкість дерев. Це зумовлює необхідність поглибленого вивчення приросту та фізіологічних особливостей соснових насаджень для адаптації лісового господарства до нових екологічних умов. Враховуючи ці особливості, було обрано тему магістерської кваліфікаційної роботи.

Об'єкт дослідження – соснові насадження Камінь-Каширського надлісництва філії «Поліський лісовий офіс» ДП «Ліси України».

Предмет дослідження – фізіологічна стійкість та поточний приріст дерев у соснових насадженнях.

Мета – дослідити фізіологічну стійкість, встановити закономірності поточного приросту у соснових насадженнях, а також вплив кліматичних показників на їх ріст та розвиток.

Головні завдання:

- проаналізувати наявні наукові публікації з теми дослідження;
- зібрати дослідний матеріал на ТПП;
- оцінити сучасний стан лісового фонду підприємства;
- дослідити особливості росту та фізіологічну стійкість соснових насаджень;
- змоделювати поточний радіальний приріст та поточний приріст за діаметром і об'ємом;

- встановити вплив кліматичних показників на ріст та розвиток соснових насаджень.

Методика дослідження. При закладанні тимчасових пробних площ та зборі дослідного матеріалу використовувались класичні методичні підходи які використовуються в лісовій таксації та лісовпорядкуванні. Датування відібраних зразків деревини проводилась у програмі *ImageJ* із встановленим спеціальним плагіном *ObjectJ*. Кореляційний аналіз та математичне моделювання проводили у табличному процесорі *Microsoft Excel*.

Практична цінність отриманих результатів дослідження. Розроблені в ході дослідження математичні моделі динаміки поточного приросту соснових насаджень, а також особливості фізіологічної стійкості насаджень у підприємстві дозволяють спрогнозувати подальшу лісогосподарську діяльність підприємства.

Структура та обсяг роботи. Магістерська кваліфікаційна робота виконана на 79 сторінках друкованого тексту та складається з: вступу, реферату, 5 розділів, висновків, рекомендацій виробництву, списку літературних джерел та додатків. У роботі наведено 29 ілюстрації, 13 таблиць та 6 додатків.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

В дереві протягом всього життя відбуваються фізіологічні процеси росту та розвитку які залежать від багатьох факторів природного середовища. Вплив на ріст зовнішніх факторів середовища, таких як тепло, світло, мінеральне живлення та вологість, є одним із вирішальних. Однак також важливою складовою є їхня біологічна стійкість – здатність протистояти даним факторам і пристосовуватися до них, що відображається в динаміці річного приросту дерев.

Вчені Прокопук Ю. С., Гут Р. Т., Король М. М., Нецветов М. В., Мельник В. В., Зборовська О. В. та багато інших, досліджували зміну величини радіального приросту дерев. У своїх дослідженнях вони звертали увагу на адаптацію дерев до змін навколишнього середовища: погодні умови, різноманітні ґрунтові та гідрологічні умови, вплив шкідників та природних явищ тощо.

У дисертаційному дослідженні Коваль І.М. «Дендрохронологічні засади оцінювання соснових і дубових деревостанів України» [21] досліджено соснові деревостани віком від 55 до 90 років, які ростуть в умовах свіжого бору (А2) та свіжого субору (В2). Побудовано регіональну деревно-кільцеву хронологію дерев сосни звичайної в умовах Полісся [21].

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 [23].

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 % [23].

Дослідження впливу пожеж на зміни радіального приросту наведеному праці «Пірогенна трансформація сосняків України», автори Ворон В.П. та інші [20]. Оцінювання змін радіального приросту сосняків Полісся проведено в 70-річному чистому сосняку у кв. 21, вид. 4, Рокитнівського лісництва, що пошкоджений пожежею в травні 2013 р. У пошкоджених соснових насадженнях річний радіальний приріст сосни після пожежі (2012–2016 рр.), як порівняти з періодом до пожежі (2007–2011 рр.), зменшився на 55 %. Водночас на контролі приріст зменшився лише на 10 % [20].

Вегетаційний період 2015 р. за кількістю опадів був аномально сухим, а 2016 р. – сухим. ГТК 0,7–0,8 свідчить про посуху впродовж цих років. Особливо посушливим був серпень 2015 р., коли випало лише 5,9 мм опадів. Через такі погодні умови радіальний приріст у 2015 р. зменшився, найбільш відчутним зменшення виявилось в пошкодженому сосняку. У наступному 2016 р. спостерігалось незначне збільшення приросту [20].

Важливим для вивчення пост пірогенних змін приросту є встановлення особливостей формування ранньої та пізньої деревини (рис. 1.1-1.2). Початком активного росту вважається третя декада квітня – перша половина травня. У межах річного кільця вирізняються рання деревина світлого забарвлення, яка формується в першій половині вегетаційного періоду та пізня деревина темнішого кольору, що утворюється на завершальній стадії [20].

Після пожежі товщина шарів пізньої та ранньої деревини суттєво зменшилася (на 68 та 47 % відповідно), в той час як на контролі вона зменшилася (на 8 та 11 % відповідно). У рік пожежі, якщо порівняти з контролем, радіальний приріст деревини зменшився на 60 %, товщина шару ранньої деревини на 32 % та пізньої деревини на 60 % [20].

Також зміна радіального приросту може відбуватись через ураження шкідниками, що наведено у науковій праці Андрєєвої О. Ю. та Коваль І. М. «Зміни радіального приросту *Pinus sylvestris l.* у Поліссі в осередках масового розмноження звичайного соснового пильщика *Diprion pini*» [18].

Дослідження проведені в Іршанському лісництві ДП «Малинське ЛГ» Житомирського ОУЛМГ на трьох пробних площах (ПП), на яких під час масового розмноження звичайного соснового пильщика у 2002 – 2003 рр. було зареєстровано різний рівень пошкодження крон (70 і 55 % на дослідних ПП і 0 % у контролі). Пробні площі закладені в середньовікових чистих соснових насадженнях, які ростуть на ділянках із типом лісорослинних умов А2, а контрольний деревостан – в умовах В2. Середній діаметр сосни на ПП знаходиться в межах 16 – 20 см, середня висота – 15 – 19 м, бонітет – II, повнота – 0,7 – 0,8 [18].

Статистичні характеристики деревно-кільцевих хронологій (1950 – 2007 рр.) сосни звичайної під впливом спалаху звичайного соснового пильщика, який відбувався у 2002 – 2003 рр. Аналіз динаміки радіального приросту сосни в усіх насадженнях свідчить, що за роки до початку пошкодження крон личинками звичайного соснового пильщика не виявлено значних розбіжностей між величинами річних кілець дерев на всіх пробних площах. В роки спалаху масового розмноження звичайного соснового пильщика відбулося зменшення радіального приросту сосни в пошкоджених деревостанах [18].

Проведено порівняння середніх значень величин річних кілець за періоди перед початком спалаху масового розмноження звичайного соснового пильщика (1996 – 2001 рр.) та після нього (2002 – 2007 рр.). Виявлено, що на контролі різниця між величинами річних кілець за ці періоди була несуттєвою: до періоду пошкодження крон значення радіального приросту становили $0,86 \pm 0,05$ мм, а після його початку – $0,90 \pm 0,05$. У той же час на ПП з пошкодженням хвої 55 і 70 % приріст зменшився на 40 і 30 % відповідно [18].

Зміна радіального приросту може змінюватись через атмосферні забруднення що і описав В. Г. Мазепа у своїй науковій праці «Методика оцінки динаміки радіального приросту дубових деревостанів в умовах атмосферного забруднення» [38].

Автор провів дослідження зміни радіального приросту дубових насаджень у зоні забруднення викидами атмосферних забруднень від Рівненського ВАТ «Азот». У результаті дослідження було встановлено, що динаміка змін радіального приросту залежить від впливу негативних кліматичних та антропогенних факторів. Після відкриття заводу кількість викидів у повітря зростала з року в рік і у 1978 році досягла максимального значення, що становило 75 тис. т. Вплив посух підсилював мінливість приросту в цей період. Автор також виявив, що тип лісорослинних умов має важливе значення у тому, як швидко деревостан відреагує на збільшення викидів у повітрі. Насадження, що зростали в умовах вологого сугруду, реагували на зміни в той же рік, що супроводжувалося спадом приросту, в той час як насаджень на підвищених елементах свіжого гігروتопу реагували з запізненням у чотири роки [38].

Доцільно відзначити, що радіальний приріст дубняків до початку роботи підприємства був значно вищим у деревостанах, що ростуть ближче до джерела забруднення в умовах грудуватого підтипу свіжого та вологого сугруду. Після пуску підприємства спостерігався інтенсивний спад приросту для всіх досліджуваних деревостанів, окрім ряду С2ГДС, в якому спад приросту відбувся через чотири роки пізніше. Особливо інтенсивним спадом відзначається приріст деревостану в умовах вологого сугруду, де він досягає найменшої величини в 1973р. і наближається до приросту контрольних деревостанів у 1992-1995рр., після зниження кількості викидів до чотирьох тис. т. [38].

Криві приросту для всіх деревостанів змінюються синхронно і мають максимальні перепади амплітуди в роки інтенсивного забруднення атмосфери. Екстремальні мінімальні величини приросту на всіх кривих росту

спостерігались 1973, 1976, 1983, 1989, 1993, 1996, 2000 і 2003 рр., які характеризувались недостатньою кількістю опадів. Екстремальні значення максимумів приросту припадають на 1958, 1971, 1982, 1990, 2001 і 2007 рр. [38].

У статті «Радіальний приріст сосни звичайної у насадженнях Житомирського Полісся, в яких рубки догляду за лісом не проводять з часу аварії на ЧАЕС» [41] зазначається, що під час аварії на Чорнобильській атомній електростанції (ЧАЕС) у навколишнє середовище надійшло багато різноманітних радіоактивних елементів, які поступово осідали на земну поверхню та призводили до радіоактивного забруднення наземних екосистем, зокрема і лісових. Найбільшого впливу, з огляду площ та величин радіоактивного забруднення, зазнали лісові насадження Полісся України [41].

Дослідження проводили у лісових насадженнях, в яких щільність радіоактивного забруднення ґрунту стала значною із початку роботи підприємства, радіальний приріст дубових насаджень істотно зменшувався, оскільки саме в цей період підприємство розширювало свої потужності, а рівень викидів був на найвищому рівні. Проте в подальших роках рівень викидів відчутно знизився порівняно з початковим періодом роботи. У 1992-1995 роках величина радіального приросту у насадженнях вологого сугруду стала близькою до приросту у контрольних деревостанах [41].

На території України є насадження які мають радіаційне забруднення, це також може бути причиною зміни приросту саме це і описали Мельник В. В., Зборовська О. В. в своїй праці, де за матеріалами обстеження 1991 р., забруднення території становило понад 15 Ки/км^2 і в яких з 1986 р. (30 років) не здійснювали будь-які лісогосподарські заходи – ДП «Народицьке спеціалізоване лісове господарство» (Народицьке лісництво – ППП № 1). Державне підприємство розташоване у північно-східній частині Житомирської області. Контрольними ділянками підібрали лісові насадження у ДП «Малинське лісове господарство» (Малинське лісництво – ППП № 2), що розміщені південніше від

ДП «Народицьке СЛГ». На контрольних ділянках останні 30 років проводили своєчасні та належні лісогосподарські заходи, оскільки щільність радіоактивного забруднення ґрунту не перевищувала 1 Ки/км^2 [41].

Для дендрохронологічного аналізу на кожній пробній площі відібрано по 15 зразків (кернів) деревини на висоті стовбурів 1,3 м буравом Преслера. Величини річних кілець виміряно інструментом *Corim Maxi* з точністю 0,01 мм [41].

На хронограмі чітко видно піки та депресії росту дерев на обох лісогосподарських підприємствах. Періодами високих приростів соснових насаджень у ДП «Малинське ЛГ» є 1931–1936, 1941–1945, 1955–1961, 1990–1993 рр., у ДП «Народицьке СЛГ» – 1930–1933, 1935–1939, 1944–1961, 1981–1994 рр. Помітно, що деякі роки високих приростів збігаються. Проте цікавим є той факт, що з моменту аварії на ЧАЕС у 1986 р. збільшується ширина річних кілець на забрудненій радіонуклідами території, так само, як і на контролі. З 1987 по 1991 рр. радіальний приріст насаджень сосни звичайної у ДП «Малинське ЛГ» та у ДП «Народицьке СЛГ» збільшився на 33 та 18 % відповідно. Вважають, що в разі дії на рослини малих доз радіації радіобіологічні ефекти виражаються у посиленні процесів росту [41].

Для того щоб встановити рівень фізіологічної стійкості сосни звичайної можна провести стандартизацію індивідуальної хронології та розрахунок коефіцієнтів чутливості, що і зробили Lesnik O. et al [13].

Дослідження проводилося на тимчасових вибіркових ділянках протягом 2020-2021 років. Зразки деревини (керни) були відібрані в соснових насадженнях Українського Полісся. Зокрема, у філії «Камінь-Каширське лісове господарство» ДП «Ліси України» у Волинській області (22 зразки) та у ДП «Зарічанське лісове господарство» у Житомирській області (22 зразки) [13].

Дослідження фізіологічної стійкості соснових деревостанів передбачає стандартизацію окремих хронологій шляхом розрахунку коефіцієнтів чутливості. Коефіцієнти чутливості можуть змінюватися від -1 до +1.

У рівноважному стані ці коефіцієнти наближаються до 0, а збільшення амплітуди вказує на зниження стійкості клітини і збільшення ймовірності перевищення певного порогового рівня. Різке від'ємне або позитивне значення також свідчить про зниження стійкості [13].

Порівняння отриманих значень коефіцієнтів чутливості дозволяє провести аналіз специфічних особливостей росту дерев у деревостані. Варіація цих коефіцієнтів вказує на зміни у фізіологічній стійкості дерев у різні періоди їхнього життя [13].

Отримані в ході досліджень результати свідчать, що вплив короточасних стресових реакцій на фізіологічну стійкість соснових деревостанів є малозначним. Максимальну стійкість до несприятливих факторів навколишнього середовища вони досягають приблизно у віці 50-60 років і старше. Порівняння результатів досліджень фізіологічної стійкості соснових деревостанів з даними інших дослідників показало незначні відмінності в межах пікових періодів [13].

Гут Р. Т. у своїй роботі «Радіальний приріст сосни звичайної у ценопопуляціях західного регіону України» [21] дослідив динаміку радіального приросту у плюсових та нормальних насадженнях сосни звичайної. Зразки деревини були відібрані від дерев різних селекційних категорій. У ході дослідження було розраховано індекси приросту, які показали, що в період з 1925 по 2004 роки вони варіювали в межах 0,86-1,34 та залишалися відносно стабільними. Відмінностей у динаміці індексів радіального приросту дерев різних селекційних категорій не виявлено [21].

Автор також розрахував коефіцієнт чутливості, що використовується для визначення індивідуальної реакції деревних видів на зміни зовнішнього середовища. Результати показали значну індивідуальну мінливість дерев сосни звичайної в межах селекційних категорій. У плюсових дерев сосни коефіцієнт чутливості варіював від 0,258 до 0,427, що свідчить про невідповідність зовнішніх ознак їх генотипу і потребує додаткової перевірки їх на елітність [21].

Також суттєвих зусиль для дослідження радіального приросту насаджень доклали наступні вчені: Коваль І. М. [24-32], Мазепа В. Г. [38,39], Черневський І. Ю. [50], Ваколюк В. Д. [19] та інші.

Потрібно також відзначити Прокопук Ю.С. одна із перших (після Коваль І.М.) хто почав досліджувати питання дендрохронології в Україні. У статті *Climatic sensitivity of Quercus robur L. in floodplain near Kyiv under river regulation* [16] описано на скільки зміна клімату впливає на природні екосистеми, особливо на заплавні ліси. Були використанні дані дендрохронологічних досліджень та кліматичні показники з 1880 по 2015 роки, щоб оцінити реакцію дуба черешчатого на кліматичні зміни. Авторами встановлено, що найсильніший кореляційний зв'язок між шириною річних кілець та опадами у травні – червні. Це дослідження розглядає ймовірні екологічні наслідки та екофізіологічні механізми спостережуваних взаємозв'язків між кліматичними показниками і ростом дерев, а також їхню фізіологічну стійкість [16].

Вченими Грицан Ю. І., Ловинська В. М., Ситник С. А. у дослідженні «*Radial increment dynamics in Pinus sylvestris stands within the Northern Steppe of Ukraine*» визначено динаміку радіального приросту сосни звичайної в Степовій зоні України. Об'єктом досліджень стали дерева віком від 9 до 90 років, з діаметром на висоті грудей приблизно від ~4 до ~42 см. В дослідженні було використано дані п'ятирічних приростів, кліматичні показники (температура та опади), встановлено зв'язок величини приросту від віку, діаметра дерева та інших показників [5].

Авторами встановлено, що радіальний приріст найбільший у молодих дерев до ~20 років, з віком приріст зменшується, розроблені регресійні моделі від діаметра та віку дерев для визначення приросту, також встановлено, що тип лісорослинних умов впливає на величину приросту. Автори підкреслюють, що радіальний приріст може використовуватись для прогнозування продуктивності насаджень в умовах різних природно-кліматичних зон [5].

Annighöfer P., Pretzsch H., Seidel D у статті «Effects of spacing and genetic entry on radial growth and ring density development in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.)» досліджували, як відстань між деревами впливає на річний радіальний приріст і формування річних кілець у дерев сосни. Об'єктом дослідження були соснові насадження природного та штучного походження із різними відстанями між деревами [1].

Встановлено, що відстань між деревами і походження насадження мають вплив на: динаміку діаметра і радіальний приріст; повнота насадження має вплив як на темп росту дерев так і на чутливість до кліматичних факторів. Автори цієї статті акцентують увагу, що для сосни звичайної походження і повнота насадження мають великий вплив на динаміку діаметра [1].

Литовські вчені Linkevičius E., Kliučius A., Šidlauskas G., Augustaitis A. у роботі «The Growing Dynamic of Pure Scots Pine Stands Using Thinning Experiments over 30 Years» досліджували вплив початкової густоти насадження та інтенсивності прорідження на динаміку діаметра, висоти та об'єму дерев у чистих насадженнях сосни звичайної [14].

Методологія досліджень передбачала використання даних проведених експериментів зрідження насаджень, створених у 1990 та 1992 роках, з п'ятьма рівнями густоти (контроль, і кілька редукуючих варіантів). Щорічно на пробних ділянках вимірювали діаметр, висоту та об'єм, і порівнювали темпи росту між різними варіантами [14].

Встановлено, що найбільший приріст по діаметру спостерігався на ділянках з найбільшим зрідженням – у таких ділянках приріст за діаметром був в ~1,5 рази вищим, ніж у контрольних. Водночас, на ділянках на яких не проводили зріджування приріст бу нижчий впродовж всього досліджуваного періоду. Автори також відзначають, що приріст у висоту дещо зменшується із збільшенням інтенсивності зрідження, але це не компенсує ефект збільшення приросту по діаметру [14].

Регулювання густоти в насадженні має суттєвий ефект на об'ємний приріст та продуктивність соснових насаджень, і що такі дослідження є важливими для планування лісогосподарської діяльності в умовах змін клімату [14].

Авторами Романенко В. А. та Ковалевський С. Б. статті «Вплив кліматичних змін на радіальний приріст сосни звичайної» в насадженнях ВП НУБіП України «Боярська ЛДС» досліджено реакцію соснових деревостанів на кліматичні зміни в межах досліджуваного регіону. Метою роботи було встановити взаємозв'язок між кліматичними показниками (температура, опади) і приростом дерев, а також виявити періоди підвищеної чутливості до кліматичних стресів. [51].

Для досягнення цієї мети автори побудували дендрохронологічні ряди, було розраховано показники чутливості, синхронності та стабільності хронологій. Приріст дерев сосни тісно корелює з опадами в період активної вегетації та з середньою температурою у весняно-літній період. В умовах дефіциту вологи чи підвищених температур приріст помітно скорочується. У роки сильних посух або високих температур зниження приросту порівняно з середніми значеннями досягає значних величин, тоді як у сприятливі роки приріст може перевищувати середнє значення. Дослідники також зауважують, що кліматично-ростові взаємозв'язки змінюються в часі: раніше у середині ХХ століття приріст був сильніше обмежений низькою температурою, а в пізніші періоди – дефіцитом опадів і температурним режимом. [51].

Отже, автори дійшли висновку, що кліматичні зміни суттєво впливають на річний приріст соснових насаджень, а показники радіального приросту можуть слугувати індикаторами фізіологічної стійкості деревостанів у мінливих умовах. Крім того, у статті звертається увага на необхідність використання таких підходів для моніторингу лісових екосистем і прогнозування їхньої реактивності на подальші кліматичні зміни. [51].

Також потрібно відзначити, що аналогічні дослідження дендрохронологічних та кліматичних досліджень сосни і дуба провели Коваль І. М., Воронін В. О., Швиденко А., Лакида П., Гут Р., Ковалевський С., Кроль А. та інші., які у своїх працях підтверджували подібні закономірності – сильний вплив гідротермічного балансу вегетаційного періоду й екстремальних температур у зимові періоди на динаміку радіального приросту [7-11;12;15; 17; 2-4].

Висновки до 1-го розділу. На основі проведеного аналізу літературних джерел було виявлено ключові аспекти дослідження фізіологічної стійкості соснових насаджень та поточного їх приросту. Зокрема, було прийнято рішення використовувати метод деревно-кільцевої хронології для отримання вихідних даних для виконання математичного моделювання динаміки приросту та дослідження фізіологічної стійкості соснових насаджень об'єкта дослідження.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИКА ЗБОРУ ТА ОБРОБКИ ДОСЛІДНОГО МАТЕРІАЛУ

Для проведення дослідження в модальних соснових деревостанах Камінь-Каширського надлісництва філії «Поліський лісовий офіс» ДП «Ліси України» було закладено 5 тимчасових пробних площ та відібрано 87 зразків деревини (кернів). Дві пробні площі було закладено у пристигаючих деревостанах віком 61 та 67 років, у яких взяли по 20 і 19 кернів відповідно. Одна тимчасова пробна площа була закладена у молодняках віком 19 років, де було відібрано 20 кернів. Окрім цього одна пробна площа була закладена у стиглих насадженнях віком 81 років де відібрали 16 кернів. Тимчасова пробна площа також була закладена у середньовіковому насадженні віком 34 років, де було відібрано 12 кернів.

Для відбору зразків деревини були закладені тимчасові пробні ділянки згідно з вимог СОУ 02.02-37-479:2006 «Площі пробні лісовпорядні. Метод закладання» [49]. Пробні площі були розміщені у найбільш характерних місцях. У пристигаючих та стиглих соснових деревостанах були закладені кругові пробні ділянки з радіусом 12,62 м, що становить 500 м². У середньовіковому насадженні була закладена кругова пробна ділянка з радіусом 8,93 м (площа 250 м²). У молодняках була закладена кругова пробна ділянка з радіусом 5,64 м (площа 100 м²).

Під час закладання пробних площ також використовувались: балончик із флуоресцентною фарбою для маркування дерев та мірна стрічка довжиною 25 м для вимірювання віддалі до дерев та подальшого вимірювання висоти дерев. Керни відбирались згідно загальноприйнятої методики на висоті 1,3 м.

Зразки деревини було відібрано за допомогою вікового бура *Haglöf* (рис 2.1, а), а висота дерев вимірювалась за допомогою висотоміра *Haglöf EC-II-D* (рис 2.1, б).



Рис 2.1. Лісотаксаційні інструменти: а – віковий бур; б – висотомір

Віковий бур вкручували перпендикулярно до осі стовбура дерева. Для зберігання та транспортування зразків деревини, їх поміщали у спеціальну планку. Над кожним керном робився зашифрований підпис, який при розшифруванні дає змогу встановити місце відбору кернів (підприємство), квартал, виділ, діаметр та висоту дерева. Найпоширеніше кодування складається з шести символів. Перші символи представляють собою комбінацію літер латинського алфавіту, що вказують на назву підприємства (наприклад, KKlg – Камінь – Каширське надлісництво). Далі вказується квартал та виділ у якому відбирались керни (наприклад 34/14), далі вказуємо номер проби та номер дерева (наприклад 5/9). Наприкінці записуємо висоту та діаметр відібраного модельного дерева (приклад: KKlg _34/14_5/9_ H=25,7_D=46,5.)

Усі наступні роботи з обробки дослідного матеріалу виконувались у лабораторних умовах. Перед початком роботи з кернами їх необхідно зачистити. Для цього керни оброблялися столярним клеєм для надійного їх кріплення на планці. Після цього верхню частину кернів зачищали шліфувальною машиною для подальшого проведення датування річних кілець. Сканування зразків деревини проводили за допомогою сканера високої роздільної здатності з точністю 300 точок на дюйм. Для покращення якості відсканованих зразків деревини отримане зображення редагувалось для підвищення контрастності кольорів.

Відскановані зразки деревини завантажувались у спеціальне програмне забезпечення *ImageJ* із попередньо встановленим плагіном *ObjectJ* (рис.2.2, а). Дане розширення для програмного продукту дозволяє обробляти керни та встановлювати ширину річного кільця за роками, тобто отримувати вихідні дані для проведення дендрохронологічних та лісотаксаційних досліджень (рис.2.2, б).

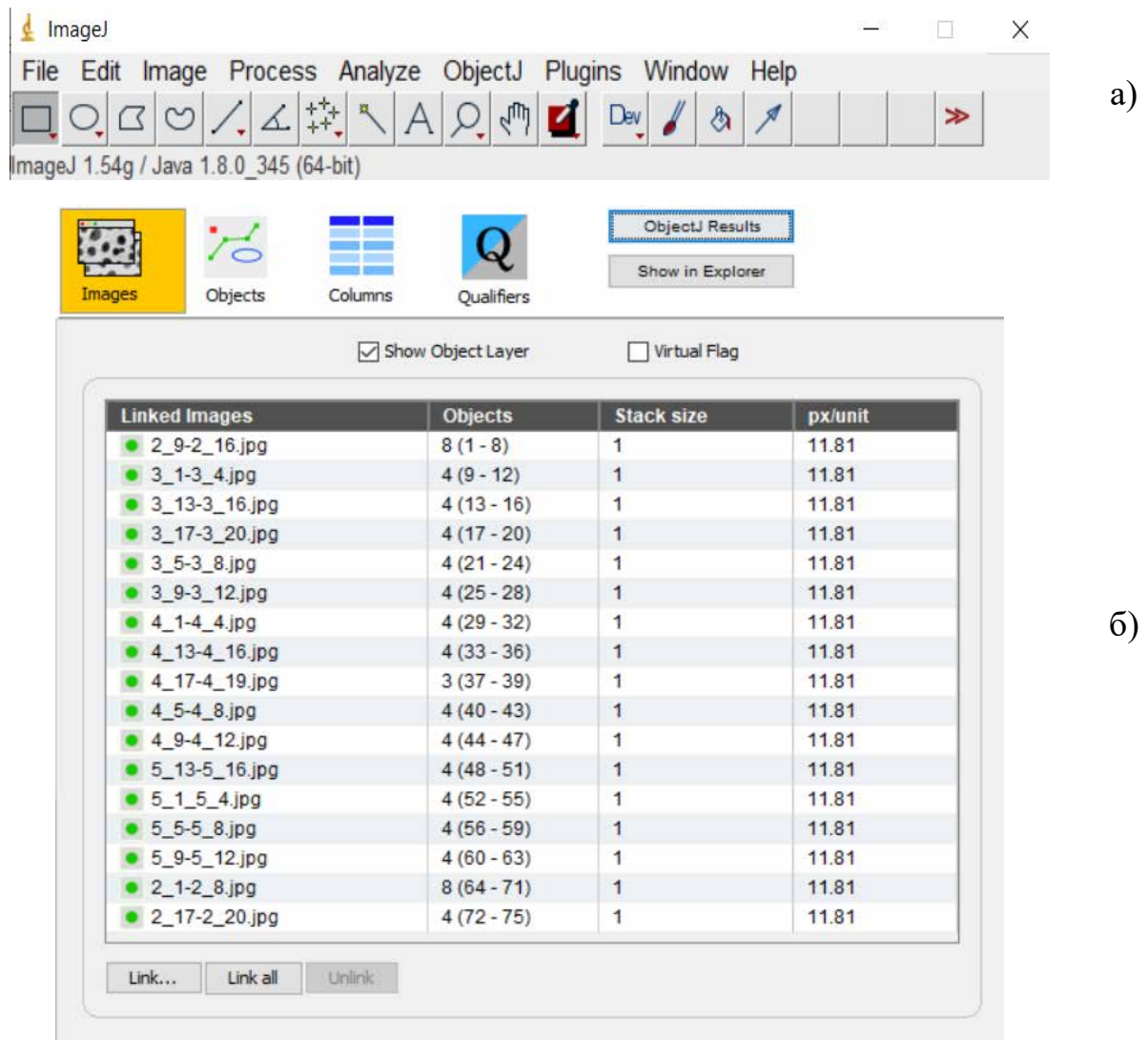


Рис. 2.2. Програма *ImageJ* з плагіном *ObjectJ*: а – робоча панель інструментів; б – завантажені дані кернів

Датування річних річних кілець у програмному продукті *ImageJ*, проводиться від серцевини стовбура дерева до кори. Цей процес передбачає датування кожного річного кільця. Важливим аспектом цього методу є точність у визначенні року формування кожного кільця. Однак, якщо відбір зразків деревини проводився не вкінці вегетаційного періоду, коли дерево припиняє свій

ріст, дані останнього року росту можуть бути неповними або не точними. У такому випадку, щоб уникнути похибок у датуванні, дані останнього року не враховуються в аналізі (рис. 2.3).

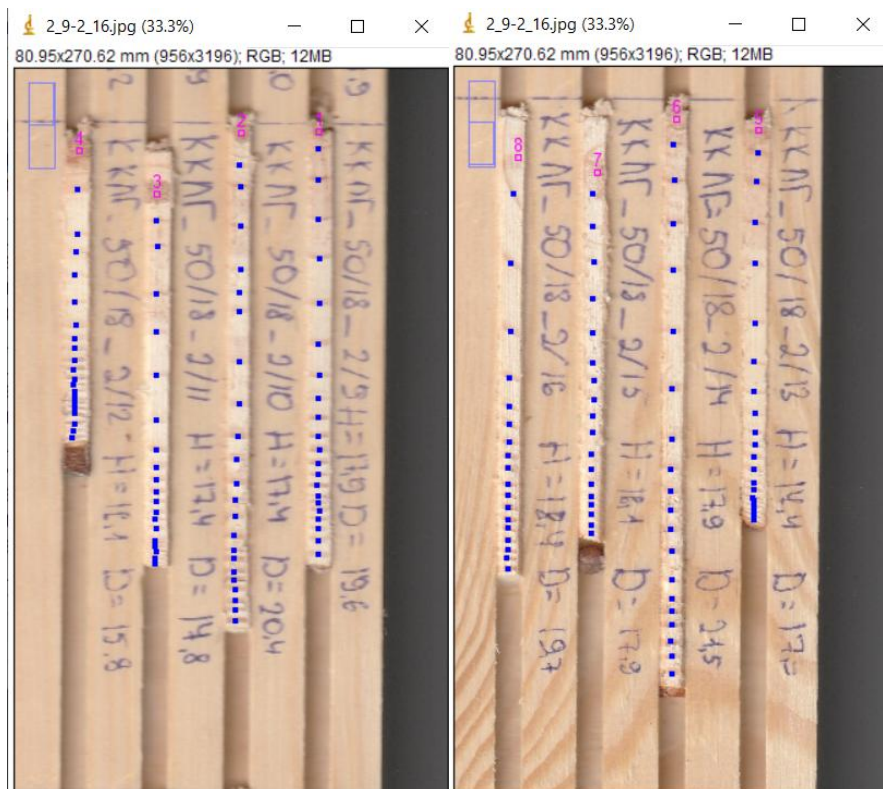


Рис. 2.3. Датування річних кілець у програмному продукті *ImageJ* з використанням плагіну *ObjectJ*

Використання програмного продукту *ImageJ* виявилось ефективним методом для дендрохронологічного аналізу, що дозволило автоматизувати процеси та підвищити точність результатів. Отримані дані підкреслюють важливість врахування кліматичних змін при плануванні лісового господарства та рекомендується продовжити моніторинг для розробки адаптаційних стратегій.

Висновки до 2-го розділу. Наведено методику збору та обробки дослідного матеріалу. Застосування систематичного підходу до відбору та аналізу зразків деревини дозволило отримати значну кількість інформації. Отримані результати стали важливою основою для подальших досліджень приросту та фізіологічної стійкості соснових насаджень об'єкта дослідження.

РОЗДІЛ 3

ОРГАНІЗАЦІЙНА СТРУКТУРА ТА ХАРАКТЕРИСТИКА ЛІСОВОГО ФОНДУ ПІДПРИЄМСТВА

3.1. Місцезнаходження та організаційна структура надлісництва

Камінь-Каширське надлісництво філії «Поліський лісовий офіс» знаходиться у підпорядкуванні ДП «Ліси України». Юридична адреса: Україна, 44500, Волинська обл., Камінь-Каширський р-н, м. Камінь-Каширський, вул. Ковельська, буд. 42. Код ЄРДПОУ 44994450, e-mail: kamin-kashirske.lg@e-forest.gov.ua [44].

Загальна площа земель лісового фонду Камінь-Каширського надлісництва філії «Поліський лісовий офіс» ДП «Ліси України» становить 80380,5 га. Адміністративно-організаційна структура філії наведена у табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Адміністративно-організаційна структура підприємства

№	Найменування лісництв	Адміністративний район	Загальна площа, га
1	Боровненське	Камінь-Каширський	4939,9
2	Бузаківське	Камінь-Каширський	6860,0
3	Велико-Обзирське	Камінь-Каширський	7173,0
4	Видертське	Камінь-Каширський	5222,0
5	Добренське	Камінь-Каширський	5704,0
6	Карпилівське	Камінь-Каширський	4471,2
7	Карпилівське (Сошичненське)	Камінь-Каширський	3332,0
8	Клітицьке	Камінь-Каширський	6029,0
9	Кримнівське	Камінь-Каширський	6533,3
10	Нуйнівське	Камінь-Каширський	7209,0
11	Пнівненське	Камінь-Каширський	4630,0
12	Полицівське	Камінь-Каширський	5626,0
13	Сошичненське	Камінь-Каширський	6284,6
14	Тоболівське	Камінь-Каширський	6366,5
	Разом		80380,5

Згідно даних наведених у табл. 3.1. всі лісництва відносяться до Камінь-Каширського району. Нуйнівське лісництво займає найбільшу площу (7209 га), що становить понад 9% загальної площі підприємства. Така велика територія Нуйнівського лісництва обумовлена, значною кількістю природних заказників. Карпилівське лісництво є найменшим по площі (менше 4%) та найбільш віддаленим від контори надлісництва.

3.2. Таксаційна характеристика насаджень надлісництва

Згідно з Постановою Кабінету Міністрів України №733 від 16 травня 2007 року, ліси поділяються на чотири категорії залежно від їхніх функцій:

- ліси природоохоронного, наукового, історико-культурного призначення – ліси відведені для збереження природних екосистем, проведення наукових досліджень, а також збереження історично-культурних об'єктів;

- рекреаційно-оздоровчі ліси – ліси призначені для відпочинку та оздоровлення людей, включаючи туризм, спорт, пікніки тощо;

- захисні ліси – ліси мають захищати від негативних впливів, таких як ерозія, повені, вітрів тощо, та забезпечувати безпеку населення та інфраструктури;

- експлуатаційні ліси – ліси використовуються для промислової експлуатації, зокрема для заготівлі деревини та інших лісових ресурсів [45].

Згідно з даними проекту організації та розвитку лісового господарства [48] 78% території надлісництва становлять експлуатаційні ліси (рис.3.2.).



Рис. 3.2. Розподіл площі земель лісового фонду за категоріями

Заказники місцевого значення розташовані на площі 5266,5 га на території підприємства. На території Камінь-Каширського надлісництва головною лісотвірною породою є сосна звичайна, яка зростає на площі 49,5 тис. га., що становить 69 % від загальної площі (рис. 3.3), а менш представленими по площі є береза повисла (10 %) та вільха чорна (13 %), які є супутніми породами для сосни звичайної та часто використовуються при створенні лісових культур.

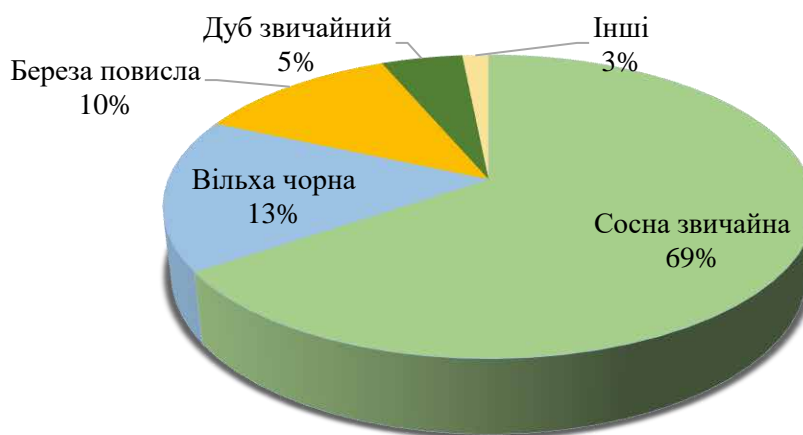


Рис. 3.3. Розподіл площі лісових земель за головними породами

На території Камінь-Каширського надлісництва широко поширені свіжий субір (B2), вологий субір (B3) та свіжий бір (A2). Також значна кількість торф'яних боліт на цій території, де часто можна зустріти вільху чорну, що росте в умовах сирого (C4) та мокрого (C5) сугруду.

Згідно з останнім лісовпорядкуванням, на території надлісництва переважають середньовікові насадження, як і в середньому по країні. Вони становлять 46,9 % від загальної площі лісів філії. Більшість деревостанів віднесені до шостого класу віку. Середній вік насаджень у філії становить 47 років, а середній вік соснових насаджень – 54 роки.

Графічне представлення розподілу площі насаджень підприємства за групами віку наведено на рис. 3.4.

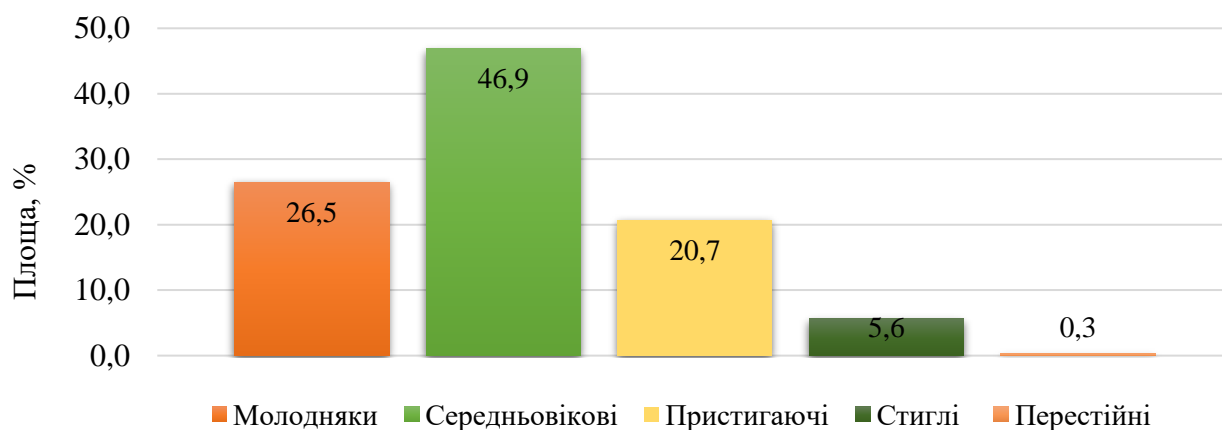


Рис. 3.4. Розподіл площі насаджень Камінь-Каширського надлісництва за групами віку

Щодо повноти насаджень, вони класифікуються як високоповнотні (0,8-1,0), середньоповнотні (0,5-0,7) та низькоповнотні (0,3-0,4). На території Камінь-Каширського надлісництва високоповнотні насадження зростають на 49,9 % площ, середньоповнотні – 48,7 %, а низькоповнотні – 1,3 %. Середня повнота насаджень по підприємству становить 0,74 (рис. 3.5).

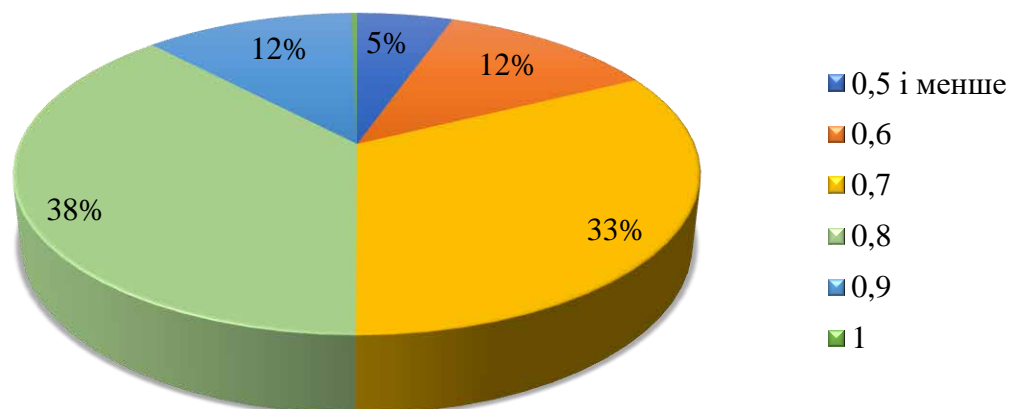


Рис. 3.5. Розподіл площі насаджень за повнотами

Середня повнота для переважаючих по площі порід у підприємстві наступна: для сосни звичайної – 0,76; вільхи чорної – 0,69; берези повислої – 0,72; дуба звичайного – 0,72. На рис. 3.6 наведено графічне відображення розподілу площ насаджень за цими породами, і видно переважна більшість мають відносну повноту 0,7 – 0,8.

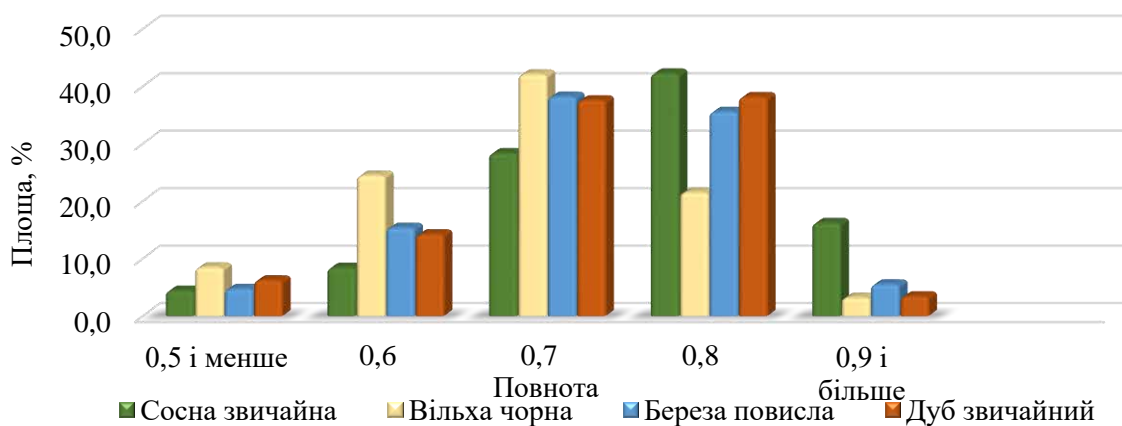


Рис. 3.6. Розподіл площ насаджень основних лісотвірних порід

Один із ключових показників продуктивності лісів – це є бонітет, а розподіл площ за ним наведено на рис. 3.7.

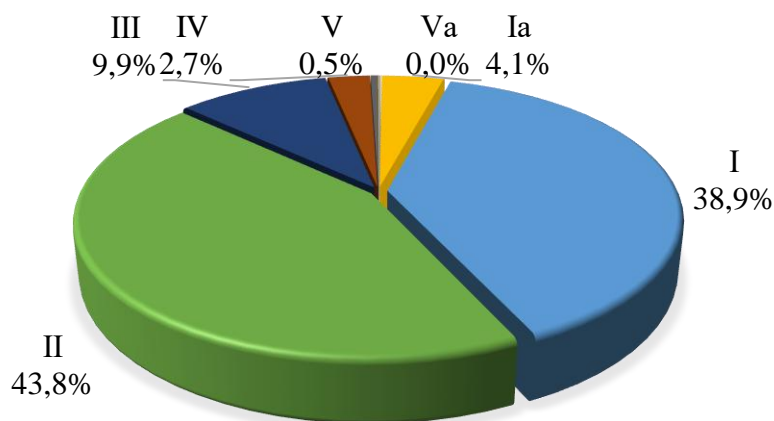


Рис. 3.7. Розподіл площі насаджень надлісництва за класами бонітету

В лісових насадженнях Камінь-Каширського надлісництва філії «Поліський лісовий офіс» ДП «Ліси України» середній клас бонітету становить I,8, що свідчить про переважання високобонітетних насаджень у підприємстві.

Висновки до 3-го розділу. Площа підприємства становить 80380,5 га. Переважаючими по площі у надлісництві є експлуатаційні ліси (78 %). Основною лісотвірною породою у надлісництві є сосна звичайна, яка зростає на понад 65% площ. Вікова структура насаджень є неоднорідною з переважанням середньовікових насаджень, середня повнота становить 0,74, а середній клас бонітету I,8.

РОЗДІЛ 4

ФІЗІОЛОГІЧНА СТІЙКІСТЬ СОСНОВИХ НАСАДЖЕНЬ

4.1. Загальна характеристика дослідних даних

Волинське Полісся є одним із ключових регіонів, де спостерігаються істотні зміни в лісовому покриві через господарську діяльність та зміни клімату. Деревостани цього регіону мають власну біорізноманітність, але їх ріст та розвиток піддається впливу зовнішніх факторів. У дослідженні увага була приділена аналізу дерево-кільцевих хронологій соснових деревостанів у Камінь-Каширському надлісництві філії «Поліський лісовий офіс» ДП «Ліси України», щоб з'ясувати, як господарська діяльність та зміни клімату впливають на їхній ріст та розвиток. Результати статистичного аналізу дерево-кільцевих хронологій отриманих з даних зібраних на ТПП №1 (група молодняки) наведені в табл. 4.1

Таблиця 4.1

Статистична характеристика дослідних даних ТПП №1 (молодняки)

ТПП	№ мод. дерева	Кількість кілець, шт	Середній приріст, мм	Стандартне відхилення	Коефіцієнт варіації	Медіана
1	1	18	5,00	2,73	54,7	5,15
	2	20	2,17	1,74	80,4	1,30
	3	20	4,34	2,94	67,7	3,16
	4	18	2,88	1,85	64,3	2,15
	5	17	2,95	1,70	57,6	2,20
	6	18	2,89	1,93	66,7	2,08
	7	20	2,71	1,67	61,7	1,92
	8	19	3,70	2,72	73,6	2,49
	9	21	3,77	2,32	61,6	2,61
	10	22	4,16	2,38	57,0	3,56
	11	19	3,65	2,76	75,6	2,16
	12	20	2,70	2,17	80,1	1,92
	13	20	3,64	2,94	80,8	2,43
	14	19	5,44	2,88	52,9	4,06
	15	18	3,74	1,79	47,8	3,28
	16	18	4,26	3,67	86,2	2,49
	17	19	4,20	2,53	60,1	2,90
	18	20	4,87	2,35	48,4	4,24
	19	19	4,59	2,43	53,1	3,90
	20	20	3,54	2,10	59,3	1,27

Згідно даних табл. 4.1 встановлено, що середній приріст має значну варіацію у соснових насадженнях молодого віку. Деякі дерева на пробі мають стабільний приріст та низьку варіабельність протягом життя, що вказує на сприятливі умови для їхнього росту. Проте деякі дерева зустрічаються з високим рівнем варіації приросту, що може бути пов'язано з різними умовами зростання чи стресовими факторами. Результати статистичного аналізу дерево-кільцевих хронологій отриманих з даних ТПП №5 групи віку середньовікові насадження наведені в табл. 4.2.

Таблиця 4.2

Статистична характеристика дослідних даних ТПП №5 (середньовікові)

ТПП	№ мод. дерева	Кількість кілець, шт	Середній приріст, см	Стандартне відхилення	Коефіцієнт варіації	Медіана
5	1	36	1,20	0,82	68,7	0,71
	2	36	3,31	0,79	24,0	3,22
	3	31	2,35	1,49	63,5	2,25
	4	28	2,79	2,24	80,2	1,84
	5	31	2,18	1,37	62,7	1,74
	6	33	2,30	1,75	76,4	1,36
	7	27	2,72	1,39	51,1	2,42
	8	30	1,54	1,20	78,2	0,97
	9	31	1,69	1,25	73,8	1,16
	10	27	2,71	2,01	73,9	1,86
	11	31	1,88	1,15	61,0	1,41
	12	33	3,05	1,72	56,6	2,37

Отримані дані про середній приріст для окремих модельних дерев на середньовіковій ділянці свідчать про значну різноманітність умов зростання. Деякі дерева демонструють стабільний приріст і низьку варіабельність, що вказує на сприятливі умови для росту, тоді як інші характеризуються підвищеною варіабельністю, що може бути наслідком впливу кліматичних стресів або неоднорідності мікроумов ділянки. Подібна відмінність у реакції дерев на зовнішні чинники свідчить про те, що навіть у межах одного

насадження спостерігається різна адаптивна здатність до коливань температури й опадів. Отримані результати створюють підґрунтя для подальших досліджень, спрямованих на глибше розуміння впливу кліматичних та екологічних факторів на ріст і розвиток сосни звичайної у середньовікових насадженнях. Результати статистичного аналізу дерево-кільцевих хронологій отриманих з даних ТПП №2-3 групи віку пристигаючі насадження наведені в табл. 4.3.

Таблиця 4.3

Статистична характеристика дослідних даних ТПП № 2-3 (пристигаючі)

ТПП	№ мод. дерева	Кількість кілець, шт	Середній приріст, мм	Стандартне відхилення	Коефіцієнт варіації	Медіана
2	1	55	1,68	1,02	60,7	1,86
	2	51	2,44	1,64	67,1	2,12
	3	65	2,46	1,55	62,8	1,89
	4	63	2,54	1,62	64,0	3,05
	5	61	3,55	2,36	66,4	1,59
	6	60	2,32	2,11	91,1	1,76
	7	54	2,41	2,23	92,4	1,60
	8	65	2,08	1,73	82,8	1,24
	9	47	1,86	1,45	77,9	1,70
	10	67	2,07	1,41	67,9	1,14
	11	61	1,66	1,38	83,4	1,48
	12	66	1,77	1,02	57,7	1,60
	13	66	2,09	1,27	61,0	0,91
	14	66	1,17	0,86	73,8	1,74
	15	68	1,96	1,14	58,2	1,13
	16	58	1,59	1,52	95,6	1,71
	17	63	2,00	1,09	54,5	2,26
	18	50	2,59	1,94	74,8	1,44
	19	61	1,67	0,93	55,9	3,10
	20	66	3,03	1,39	45,8	1,27
3	1	64	2,22	1,20	53,9	1,93
	2	66	1,57	0,73	46,3	1,37
	3	63	1,51	0,92	61,1	1,26
	4	59	1,89	0,81	43,0	1,78
	5	61	1,83	1,58	86,3	1,36
	6	52	1,44	1,35	94,0	0,94
	7	64	1,97	1,68	85,4	1,61

Продовження табл. 4.3

ТПП	№ мод. дерева	Кількість кілець, шт	Середній приріст, мм	Стандартне відхилення	Коефіцієнт варіації	Медіана
3	8	67	1,43	0,99	69,3	1,13
	9	59	1,94	1,09	56,3	1,64
	10	64	1,77	1,04	58,8	1,41
	11	66	2,19	1,24	56,5	1,81
	12	61	1,76	1,44	81,9	1,36
	13	62	1,95	1,18	60,5	1,67
	14	60	1,87	1,70	91,0	1,25
	15	50	1,45	1,08	74,7	1,22
	16	58	2,51	1,33	53,0	2,03
	17	60	1,85	1,60	86,6	1,39
	18	59	1,68	1,52	90,2	1,25
	19	64	1,55	0,98	63,5	1,36

Отримані дані про середній приріст для окремих модельних дерев у пристигаючих насадженнях свідчать про значну різноманітність умов зростання. Деякі дерева демонструють стабільний приріст і низьку варіабельність, що вказує на сприятливі умови для росту, тоді як інші мають високу варіабельність, що може бути наслідком стресових факторів або різних умов середовища. Результати статистичного аналізу дерево-кілецевих хронологій отриманих з даних ТПП № 4 групи віку стиглі насадження наведені в табл. 4.4.

Таблиця 4.4

Статистична характеристика дослідних даних ТПП № 4 (стиглі насадження)

ТПП	№ мод. дерева	Кількість кілець, шт	Середній приріст, мм	Стандартне відхилення	Коефіцієнт варіації	Медіана
4	1	81	1,46	1,38	94,7	0,73
	2	81	2,06	1,56	76,0	1,51
	3	83	2,02	1,53	75,9	1,58
	4	77	1,95	1,10	56,4	1,81
	5	83	2,10	1,48	70,5	1,75
	6	77	2,24	1,30	58,1	1,93
	7	80	2,33	1,01	43,4	2,21
	8	71	3,25	1,36	42,0	3,39
	9	84	2,47	1,94	78,4	1,84
	10	70	2,14	2,24	104,7	1,30

Продовження табл. 4.4

ТПП	№ мод. дерева	Кількість кілець, шт	Середній приріст, мм	Стандартне відхилення	Коефіцієнт варіації	Медіана
4	11	87	2,42	1,67	69,1	1,92
	12	77	2,49	1,69	67,9	1,92
	13	82	2,27	2,13	93,7	1,64
	14	82	1,82	1,67	91,8	1,43
	15	83	1,96	1,23	62,8	1,64
	16	81	1,48	1,61	109,0	0,91

Аналізуючи дані з табл. 4.1-4.4, виявлено, що вони представляють широкий діапазон даних та варіативністю середнього радіального приросту, що потребує проведення детальних досліджень та встановлення причинно-наслідкових зв'язків, а найвища варіабельність середнього радіального приросту виявлена на ТПП №4 (стигли насадження).

4.2. Вплив температурних показників на ріст насаджень

Вивчення впливу кліматичних факторів на динаміку радіального приросту сосни звичайної має важливе значення для оцінки стійкості лісових екосистем до змін навколишнього середовища. В умовах глобального потепління, що супроводжується підвищенням середньорічних температур та збільшенням частоти екстремальних погодних явищ, реакція деревних порід стає більш контрастною і залежною від температурного режиму.

Радіальний приріст дерев є одним із найчутливіших індикаторів кліматичних змін. Зменшення ширини річного кільця свідчить про виникнення фізіологічного стресу, викликаного надмірними температурами, що порушують баланс водного обміну та обмежують активність камбію. Навпаки, у роки з помірним температурним режимом формуються сприятливі умови для росту, активного поділу клітин камбію і, відповідно, для збільшення товщини річних кілець.

Таким чином, аналіз взаємозв'язку між температурою та динамікою радіального приросту дозволяє оцінити адаптаційні можливості сосни звичайної

до коливань клімату. Отримані результати мають практичне значення для прогнозування продуктивності соснових насаджень, визначення потенційних ризиків зниження їх стійкості та розроблення адаптивних підходів до ведення лісового господарства в умовах змін клімату.

Для встановлення залежності між температурним режимом та приростом соснових насаджень було проведено аналіз даних, отриманих на п'яти тимчасових пробних площах, графічна інтерпретація результатів яких наведена на рис. 4.1–4.5.

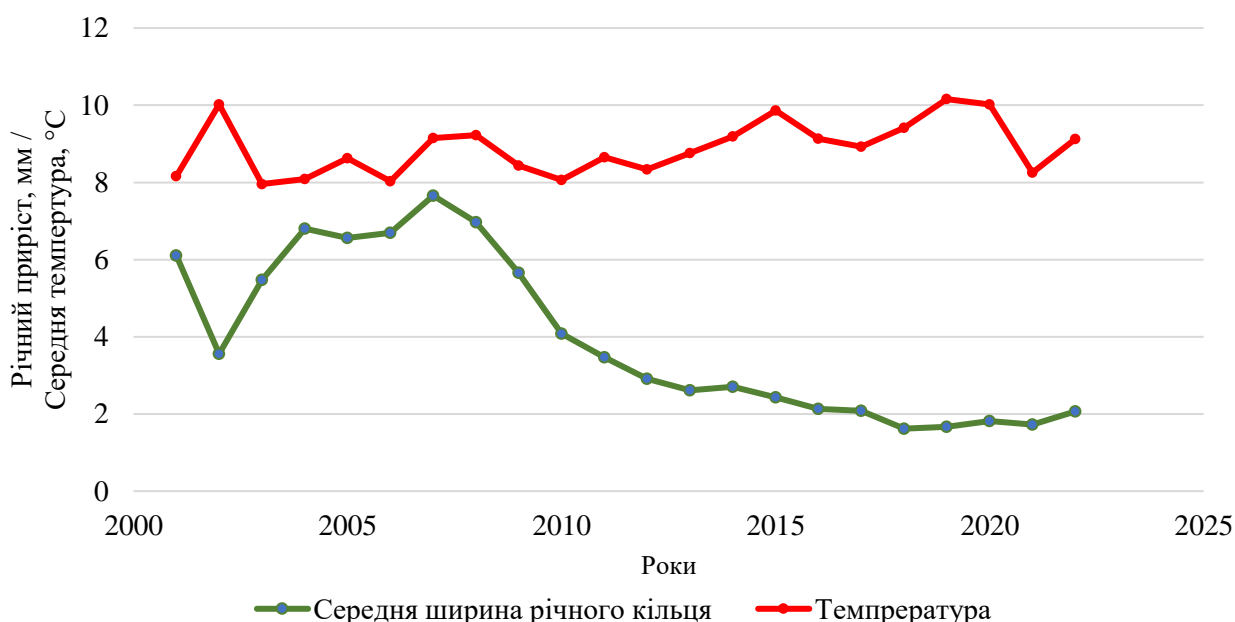


Рис. 4.1. Вплив температурних показників на радіальний приріст соснових насаджень групи віку молодняки

На рис. 4.1 спостерігається помітна реакція молодих насаджень сосни звичайної на зміну температурних умов. У періоди підвищених температур приріст зменшується, що свідчить про їхню високу чутливість до теплового стресу. Кореляційний аналіз підтвердив тісний обернений зв'язок між середньорічною температурою та радіальним приростом зв'язок ($r = -0,63$), що вказує на значний вплив температурних показників на ріст молодих насаджень.

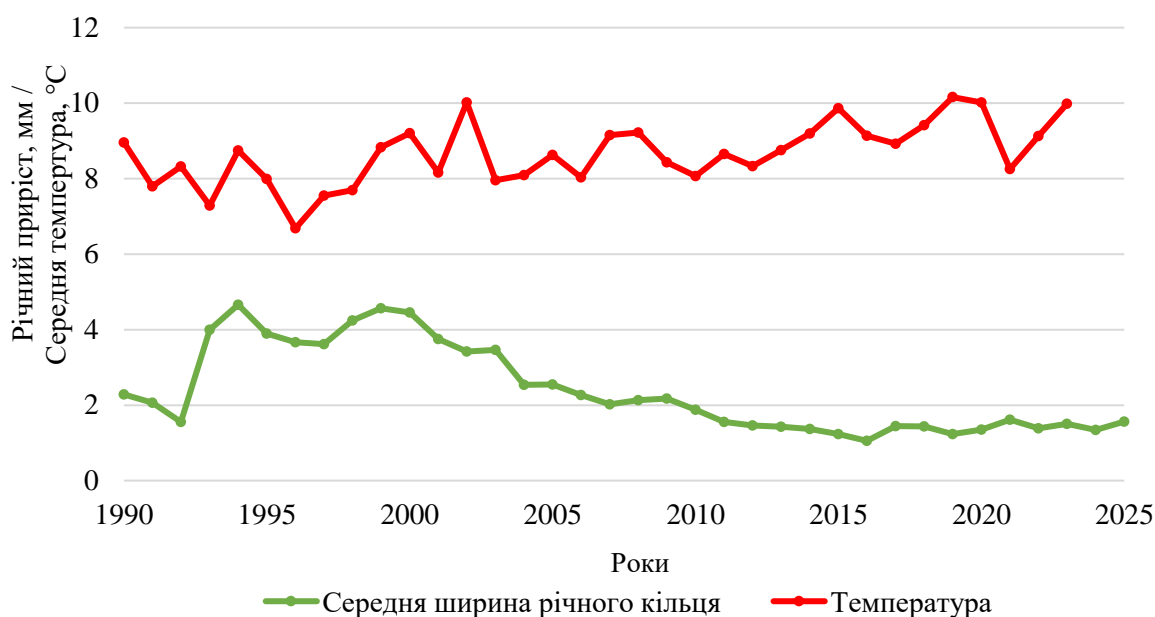


Рис. 4.2. Вплив температурних показників на радіальний приріст середньовікових насаджень

На рис. 4.2 показано, що у середньовікових насадженнях зміни приросту відбуваються більш згладжено. Незважаючи на деякі екстремуми, загальна динаміка залишається стабільною, що свідчить про кращу адаптацію дерев до кліматичних умов. Кореляційний аналіз показав помірний обернений зв'язок між температурою та радіальним приростом ($r = -0,52$), що підтверджує зниження впливу температурних показників у даному насадженні.

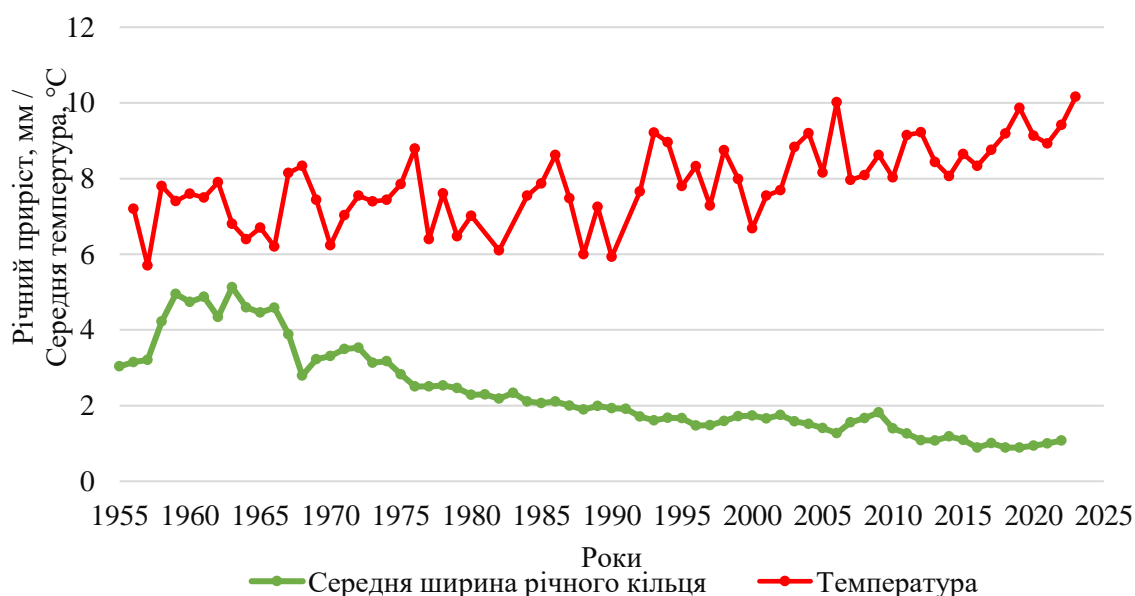


Рис. 4.3. Вплив температурних показників на радіальний приріст пристигаючих насаджень

На рис. 4.3 спостерігається, що пристигаючі насадження реагують на зміни температури з певною затримкою – після теплих періодів приріст дещо зменшується. Це свідчить про накопичувальний ефект стресу. Кореляційний аналіз виявив помірний обернений зв'язок ($r = -0,46$), що вказує на середню чутливість дерев у даному насадженні.

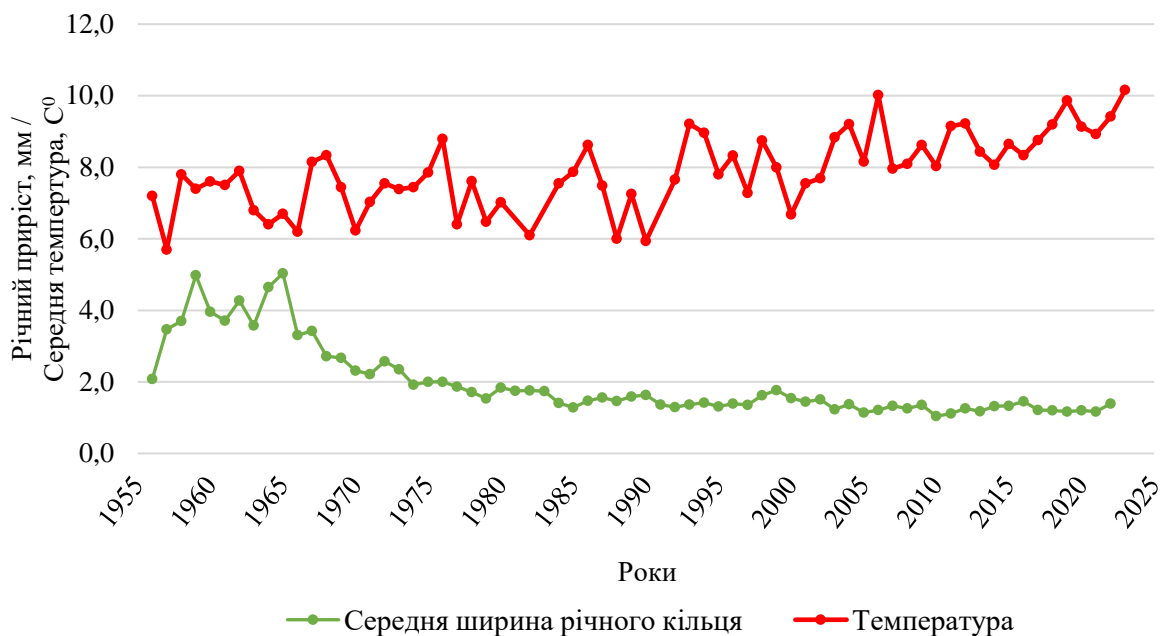


Рис. 4.4. Вплив кліматичних показників на радіальний приріст пристигаючих насаджень

На рис. 4.4 видно, що коливання радіального приросту мають менш виражений характер, ніж на попередній ділянці. Проте в окремі роки спостерігаються короткочасні спади приросту, що узгоджується зі збільшенням температурних показників. Кореляційний аналіз засвідчив слабкий обернений зв'язок ($r = -0,41$), тобто пристигаючі насадження поступово втрачають високу температурну чутливість.

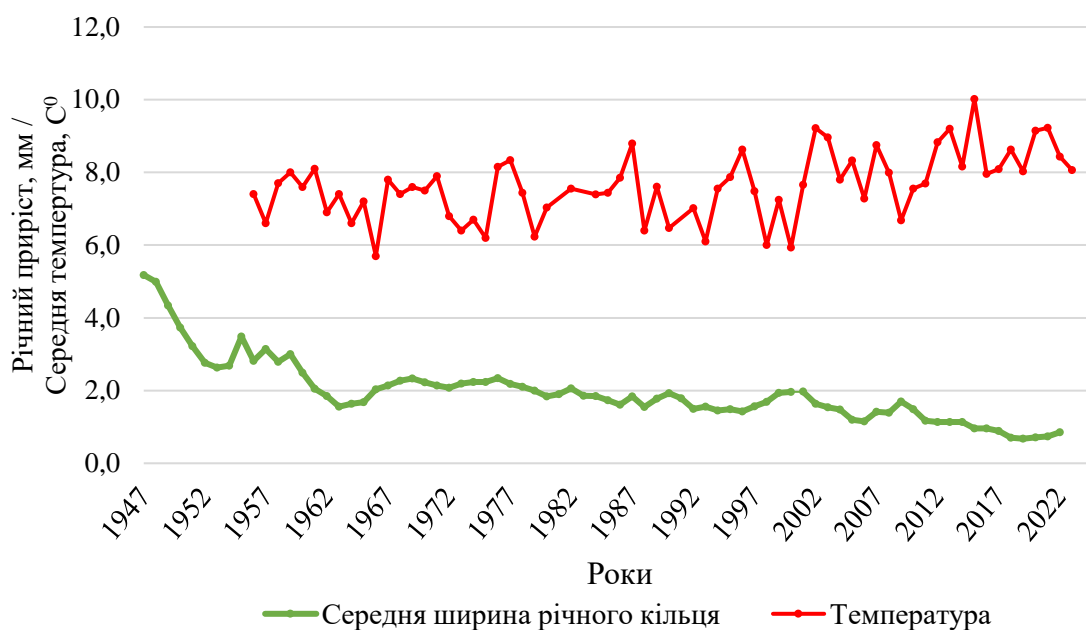


Рис. 4.5. Вплив кліматичних показників на радіальний приріст стиглих насаджень

На рис. 4.5 показано, що у стиглих насадженнях коливання радіального приросту є мінімальними, а реакція на зміну температури – згладженою. Це свідчить про сформовану екологічну стійкість деревостану. Кореляційний аналіз виявив слабкий обернений зв'язок між температурою та радіальним приростом ($r = -0,38$), що підтверджує низьку залежність даного насадження від короткотермінових температурних змін.

4.3. Фізіологічна стійкість соснових насаджень

Величина річного кільця залежить від того як дерево реагує на зміни у навколишньому середовищі. В залежності від приросту ранньої та пізньої деревини можна встановити у які періоди ці зміни мали позитивний і негативний характер. Ця зміну можна встановити через фізіологічну стійкість насаджень шляхом обрахунку коефіцієнту чутливості ($K_{i(t)}$) за формулою [35]:

$$K_{i(t)} = (R_{i(t)} - R_{i(t-1)}) / (R_{i(t)} + R_{i(t-1)}) \quad (4.1)$$

де $R_{i(t)}$ – ширина річного кільця тепер, мм; $R_{i(t-1)}$ – ширина річного кільця рік тому, мм.

Значення коефіцієнта чутливості варіюється від -1 до +1. У стійких насадженнях цей показник наближається до 0, тоді як більша амплітуда коливань свідчить про нестабільність насаджень. Фізіологічна нестійкість може призвести до загибелі дерев, що в свою чергу створює структурну нестійкість.

Такі фізіологічні стреси можуть бути спричинені сприятливими погодними умовами, наприклад, достатньою кількістю опадів протягом вегетаційного періоду без пізніх весняних або ранніх осінніх заморозків. Іншими можливими факторами є рубка догляду або природне зрідження деревостану, що збільшує площу живлення рослин і призводить до різкого збільшення радіального приросту. Негативні тенденції можуть бути викликані посухами, холодними або теплими зимами, ранньовесняними заморозками, а також ураженням деревостанів шкідниками, пожежами чи іншими природними катастрофами. Різкі зміни величини радіального приросту ослаблюють насадження і можуть призвести до їх загибелі.

Для дослідження фізіологічної стійкості соснових насаджень різних вікових груп було розраховано коефіцієнти чутливості на основі даних деревно-кільцевої хронології з відібраних зразків деревини (кernів). Дані для розрахунків та порівняння коефіцієнтів чутливості були взяті із результатів обробки kernів та наведені на рис. 4.6-4.10.

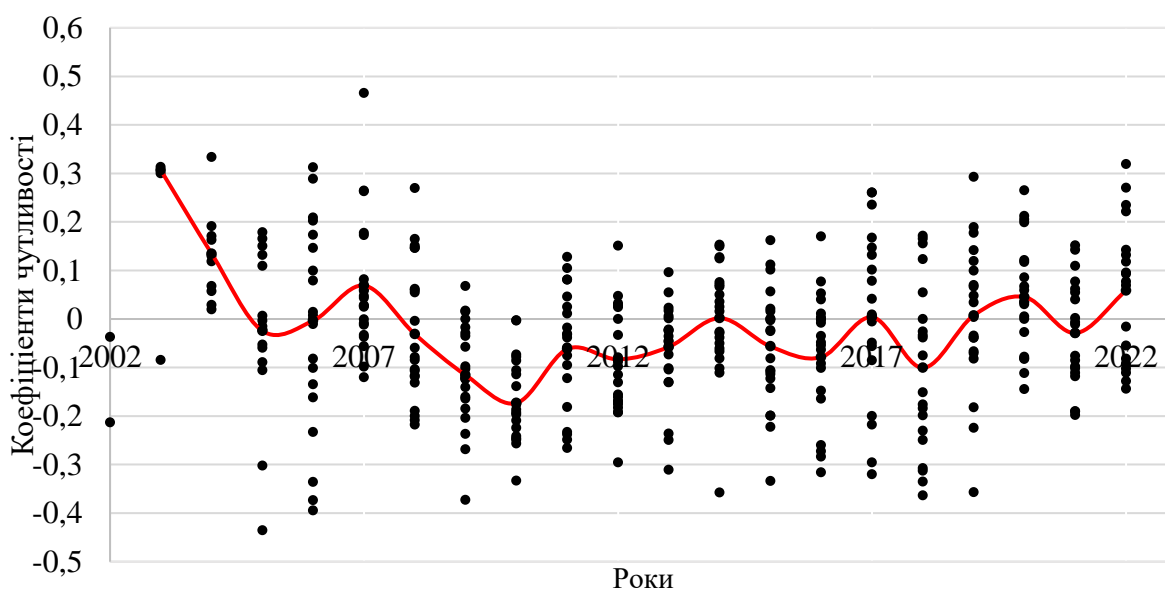


Рис. 4.6. Фізіологічна стійкість соснових насаджень групи віку МОЛОДНЯКИ

З даних рис. 4.6 можна побачити, що незначні фізіологічні стреси у молодняках спостерігаються у 2007, 2010, 2015-2016 та 2018-2020 роках. Однак в цілому вплив короткотривалих стресових ситуацій на ріст та розвиток соснових насаджень не мали значного негативного впливу. На рис. 4.7 наведена фізіологічна стійкість соснових насаджень групи віку середньовікові.

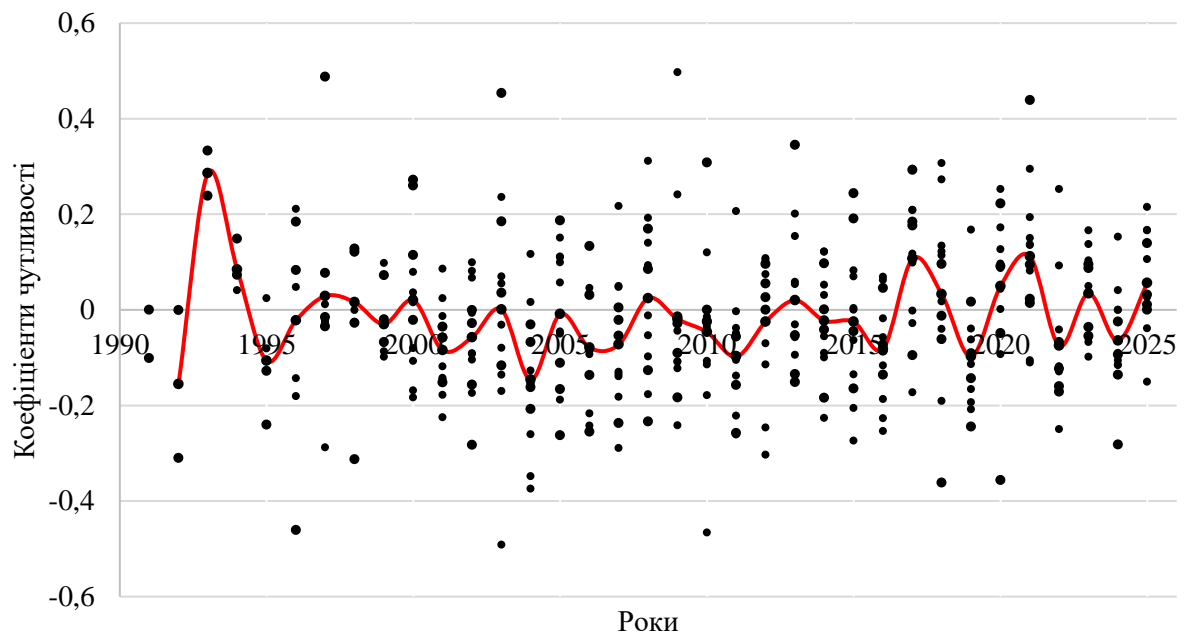


Рис. 4.7. Фізіологічна стійкість соснових насаджень групи віку середньовікові

З даних рис. 4.7 можна побачити, що незначні фізіологічні стреси у середньовікових насадженнях спостерігаються у 2001, 2004, 2006-2007 та 2011, 2017, 2020 та 2022 роках. Однак в цілому вплив короткотривалих стресових ситуацій на ріст та розвиток соснових насаджень не мали значного негативного впливу. На рис. 4.8 наведена фізіологічна стійкість соснових насаджень групи віку пристигаючі [51].

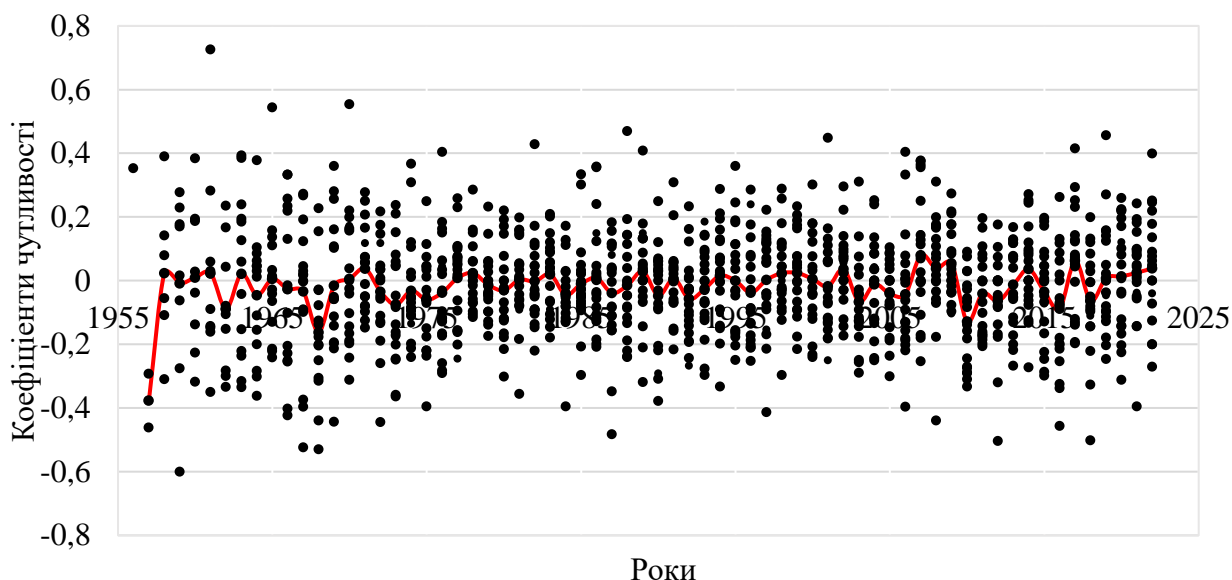


Рис. 4.8. Фізіологічна стійкість соснових насаджень групи віку пристигаючі ТПП 3

На рис. 4.8 можна побачити, що незначні фізіологічні стреси у пристигаючих насадженнях спостерігаються у 1970-1971, 1977-1978, 1998-1999, 2001-2002, 2006-2007, 2013-2014 та 2016-2017 роках через збільшення приростів, а різке через зменшення величини річного шару, у 1961-1962, 1967-1968, 1972-1973, 1983-1984, 1989-1990, 1991-1992, 2002-2003, 2005-2006, 2009-2010, 2015-2016 та 2017-2018 роках. На рис. 4.9 наведена фізіологічна стійкість соснових насаджень групи віку пристигаючі.

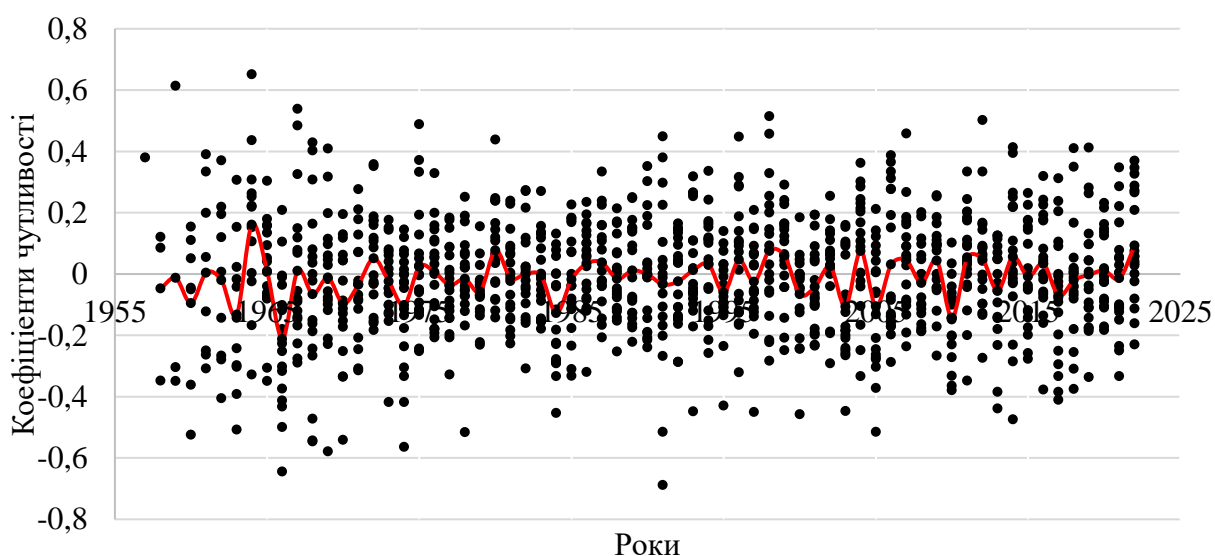


Рис. 4.9. Фізіологічна стійкість соснових насаджень групи віку пристигаючі ТПП 4

На рис. 4.9 можна побачити, що фізіологічні стреси присутні через значні збільшення приросту у притигаючих насадженнях у 1963-1964, 1971-1972, 1993-1994, 1995-1996, 1998-1999, 2001-2002, 2003-2004, 2006-2007, 2008-2009, 2010-2011, 2013-2014 та 2015-2016 роках, а через зменшення величини річного шару у 1962-1963, 1965-1966, 1969-1970, 1972-1973, 1978-1979, 1983-1984, 1994-1995, 1996-1997, 1999-2000, 2002-2003, 2004-2005, 2009-2010, 2012-2013 та 2016-2017 роках. На рис. 4.10 наведена фізіологічна стійкість стиглих соснових насаджень [53].

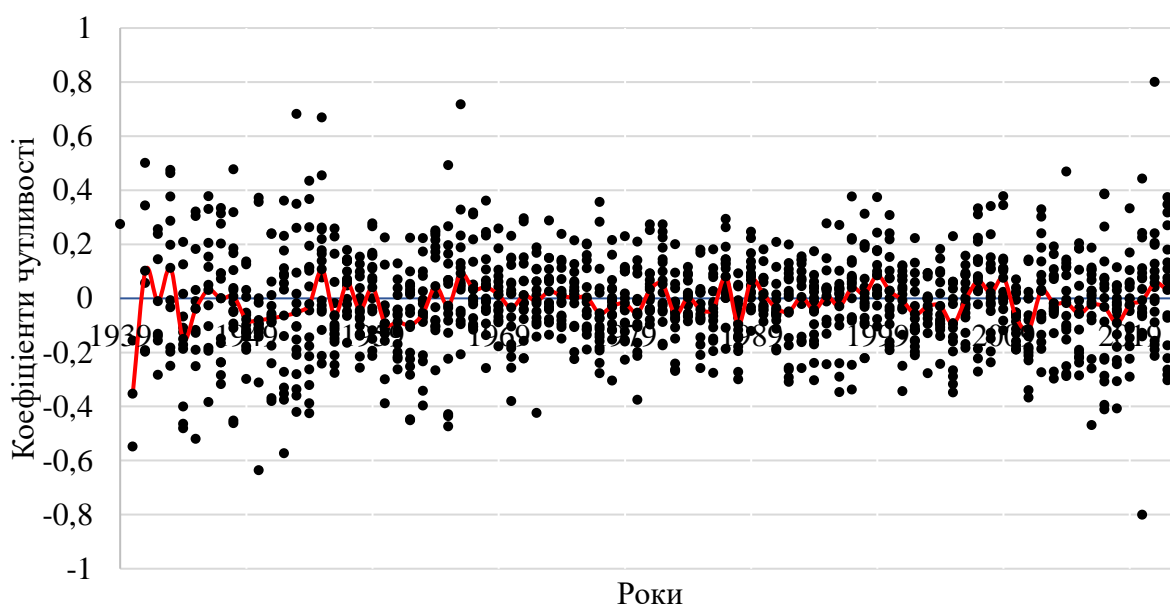


Рис. 4.10. Фізіологічна стійкість стиглих соснових насаджень

З рис. 4.10 видно, що фізіологічні стреси присутні через збільшення приросту у стиглих соснових насадженнях спостерігаються у 1954-1955, 1963-1964, 1965-1966, 1980-1982, 1986-1987, 1988-1989, 1998-1999, 2006-2007, 2008-2009, 2011-2012 та 2020-2021 та через різкі зменшення величини річного шару у 1943-1944, 1949-1950, 1955-1956, 1957-1958, 1959-1960 1965-1966, 1982-1983, 1987-1988, 1999-2002, 2004-2005, 2009-201, 2017-2018 роках.

Висновки до 4-го розділу. Досліджено особливості динаміки річного кільця від віку у різних вікових групах соснових насаджень та розроблено відповідні математичні моделі, проведено їх перевірку на адекватність. Результати дослідження фізіологічної стійкості свідчать про різноманітність

умов середовища та вплив різних природних факторів на ріст і розвиток дерев. Проведено порівняльний аналіз впливу кліматичних чинників, зокрема температури та кількості опадів, на коефіцієнт чутливості, який показав, що коливання температури мають більш виражений вплив на цей показник, тоді як опади відіграють другорядну, компенсуючу роль. В цілому вплив короткотермінових стресових ситуацій на ріст та розвиток соснових насаджень підприємства є незначним.

РОЗДІЛ 5

ПОТОЧНИЙ ПРИРІСТ СОСНОВИХ НАСАДЖЕНЬ

5.1. Радіальний приріст

Дослідження радіального приросту має важливе значення для встановлення особливостей росту насаджень. Проведемо кореляційний аналіз між величиною ширини річного кільця та його віком для встановлення ступеня взаємозв'язку та його форми. Коефіцієнти кореляції можуть змінюватися від -1 до +1 та вказувати на прямий чи обернений зв'язок. Результати кореляційного аналізу наведені у табл. 5.1.

Таблиця 5.1

Парні коефіцієнти кореляції динаміки ширини річного кільця з віком

Насадження	Номер модельного дерева									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Молодняки	-0,91	-0,87	-0,92	-0,87	-0,75	-0,80	-0,72	-0,85	-0,77	-0,75
	-0,82	-0,80	-0,81	-0,70	-0,87	-0,77	-0,85	-0,63	-0,78	-0,83
Середньовікові	-0,78	-0,27	-0,47	-0,81	-0,69	-0,79	-0,62	-0,72	-0,77	-0,72
	-0,78	-0,81								
Пристигаючі	-0,77	-0,59	-0,67	-0,85	-0,65	-0,69	-0,68	-0,66	-0,81	-0,73
	-0,74	-0,82	-0,81	-0,72	-0,51	-0,56	-0,77	-0,72	-0,28	-0,73
Пристигаючі	-0,30	-0,38	-0,40	-0,76	-0,32	-0,68	-0,35	-0,72	-0,49	-0,51
	-0,46	-0,56	-0,67	-0,71	-0,67	-0,70	-0,56	-0,71	-0,67	
Стигли	-0,76	-0,79	-0,69	-0,51	-0,79	-0,50	-0,60	-0,63	-0,72	-0,67
	-0,61	-0,76	-0,64	-0,60	-0,65	-0,70				

Встановлено обернений кореляційний зв'язок між величиною радіального приросту та віком дерева. Із збільшенням віку дерева спостерігається зменшення радіального приросту. Вища кореляція присутня у середньовіковому насадженні, що означає – величина радіального приросту має більш тісний зв'язок з віком дерев у молодшому віці порівняно зі стиглими насадженнями.

Обернений кореляційний зв'язок між величиною ширини річного кільця та віком дерева свідчить про те, що із збільшенням віку зменшується величина річного приросту. Це пов'язано з природними процесами старіння та зниження активності росту дерев.

Відмінності у рості засвідчено даними кореляційного аналізу між середньовіковим та стиглим насадженням, може бути пов'язана з різною структурою популяції дерев у цих вікових групах. У середньовіковому насадженні дерева ще активно ростуть та розвиваються, тому зв'язок між віком та приростом є більш вираженим.

Метод пропорціонального-ступінчастого представництва дозволяє обрати вибірку дерев для аналізу, що може допомогти уникнути спотворення результатів через перевагу певних дерев у вибірці [31]. Для здійснення аналізу були використані дослідні дані деревно-кільцевої хронології.

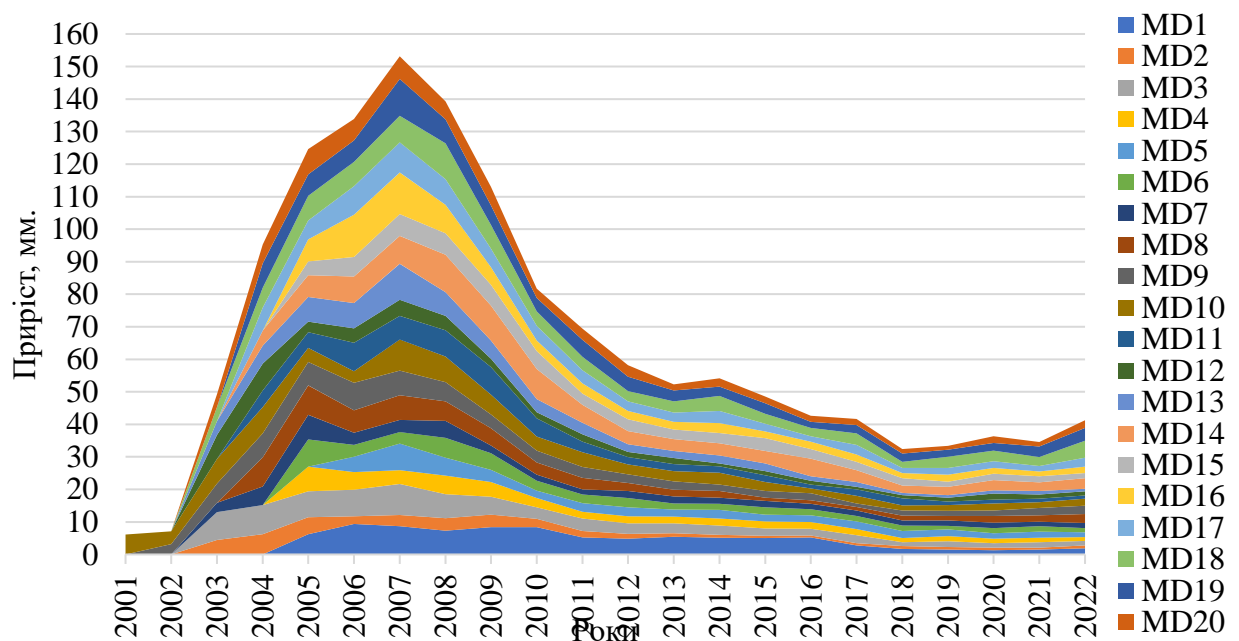


Рис. 5.1. Динаміка сумарних щорічних радіальних приростів модельних дерев ТПП №1

З даних наведених на рис. 5.1. видно, що динаміка сумарних приростів ширини річного кільця модельних дерев на ТПП №1 є нерівномірною. Різкий викид максимального приросту спостерігається у 2005-2007 роках, також незначні викиди спостерігаються у 2013-2014 та 2019-2020 роках це обумовлюється тим, що в цей період була достатня кількість тепла та вологи. Також є негативна тенденція приросту у 2008-2010, 2012-2013 та 2017-2018 роках, на це могли вплинути несприятливі природні явища які негативно впливають на розвиток насадження.

Щорічний радіальний приріст конкретного деревостану або окремого дерева певною мірою є інтегральним показником, який залежить від значної кількості природних факторів. Оскільки пробні площі підібрано у однакових едафічних умовах, у насадженнях одного складу і вони розташовані на території одного лісогосподарського підприємства, можна стверджувати, що результати дослідження ходу росту сосни звичайної можна використовувати на території усього підприємства.

Для аналізу ходу росту дерев за допомогою деревно-кільцевої хронології використовується метод математичного моделювання. Основна ідея полягає в тому, щоб побудувати математичну модель, яка найкращим чином відтворює залежність між радіальним приростом дерева та його віком чи іншими факторами, такими як кліматичні умови або ґрунтові характеристики.

Цей метод передбачає використання спеціальних математичних моделей, які аналізують дані про радіальний приріст дерев у залежності від різних факторів. Одним із таких типів моделей є степеневе рівняння, яке може описувати нелінійні залежності між величинами, такими як радіальний приріст та вік дерева.

Підбір параметрів моделі проводиться таким чином, щоб досягти найкращого збігу між фактичними спостереженнями та значеннями, отриманими за моделлю. Це дозволяє отримати описову функцію, яка може використовуватися для прогнозування радіального приросту дерева за різних умов [34]. За основу використано степеневе рівняння наступного типу:

$$y = a_0 \cdot x^{a_1}, \quad (5.1)$$

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

Графічне зображення дослідних даних та результати математичного моделювання величини ширини річного кільця соснових деревостанів групи віку молодняки наведено на рис. 5.2.

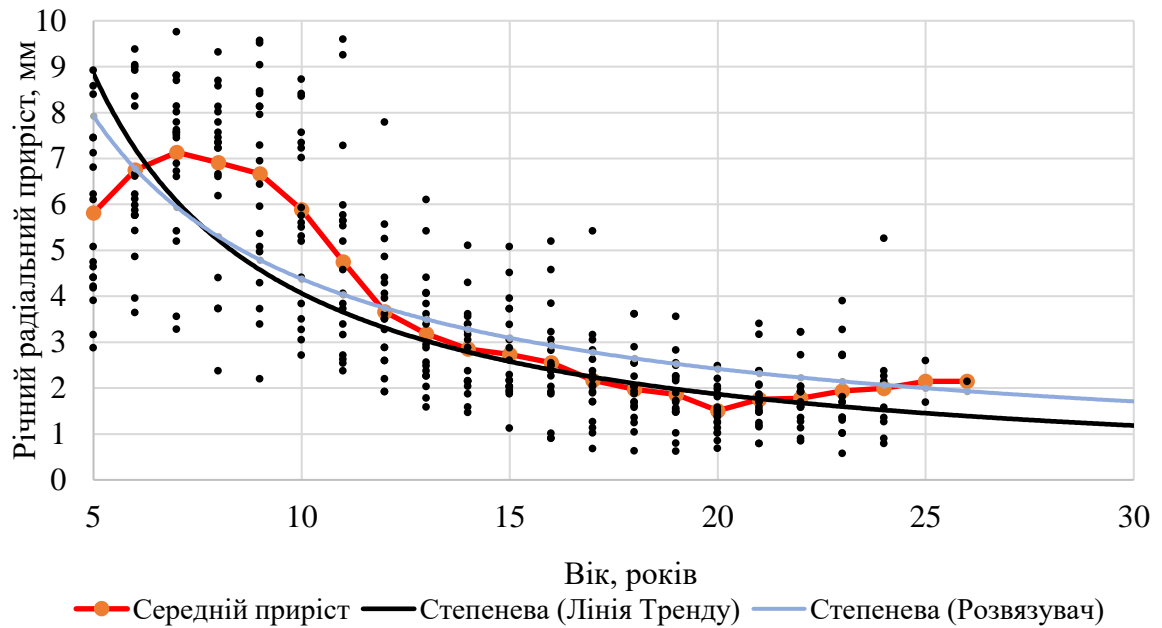


Рис 5.2. Динаміка зміни радіального приросту у молодняках сосни звичайної

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

$$\Delta_r = 53,93 \cdot A^{-1,123} \quad (5.2)$$

Для перевірки адекватності (Θ) розробленої математичної моделі за фактично наявними дослідним даним проводилась наступним чином [22]:

$$\Theta = 1 - \frac{(\sum y - \tilde{Y})^2}{(\sum y - \bar{Y})^2} \quad (5.3)$$

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

Встановлено, що адекватність розробленої математичної моделі величини річного кільця дерев у соснових насадженнях по відношенню до дослідних даних становить 0,47, відповідно, модель адекватно описує задану закономірність.

На графіку додатково подано фактичні середні значення приросту та уточнену трендову залежність, отриману з використанням інструмента

«Розв'язувач». Застосування цього підходу дало змогу покращити її точність та отримати наступну математичну модель:

$$\Delta_r = 31,4 \cdot A^{-0,856} \quad (5.4)$$

Модель даних наведена на рис. 5.2 зображує сумарний приріст ширини річних кілець модельних дерев у середньовіковому деревостані (ТПП №5) та вплив кожного модельного дерева на річний приріст насадження. Для здійснення аналізу були використані дослідні дані деревно-кільцевої хронології.

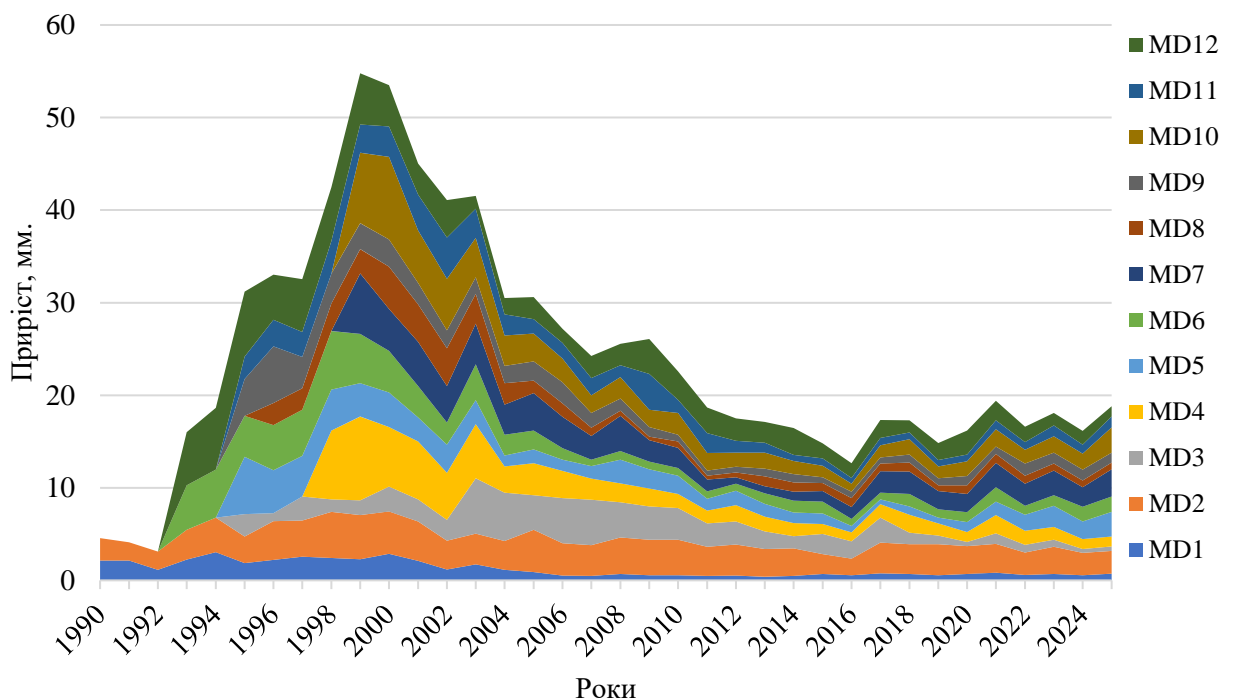


Рис. 5.3. Динаміка зміни радіального приросту модельних дерев ТПП №5 у середньовікових насадженнях

З моделі даних наведених на рис. 5.3. видно, що динаміка сумарних приростів ширини річного кільця модельних дерев на ТПП №5 є нерівномірною. Різкі викиди максимального приросту спостерігаються у 1998-1999, 2003, 2017-2018, 2021 році, також незначні викиди помітні у 1995, 2008 та 2023 роках це обумовлюється тим, що в цей період була достатня кількість тепла та вологи. Також є негативна тенденція приросту у 1977, 2002, 2004, 2006, 2011, 2019, 2021 та 2024 роках, на це могли впливати несприятливі

природні явища які негативно відображаються для нормального розвитку насадження.

Графічне зображення дослідних даних та результати математичного моделювання величини ширини річного кільця середньовікових соснових деревостанів наведено на рис. 5.4

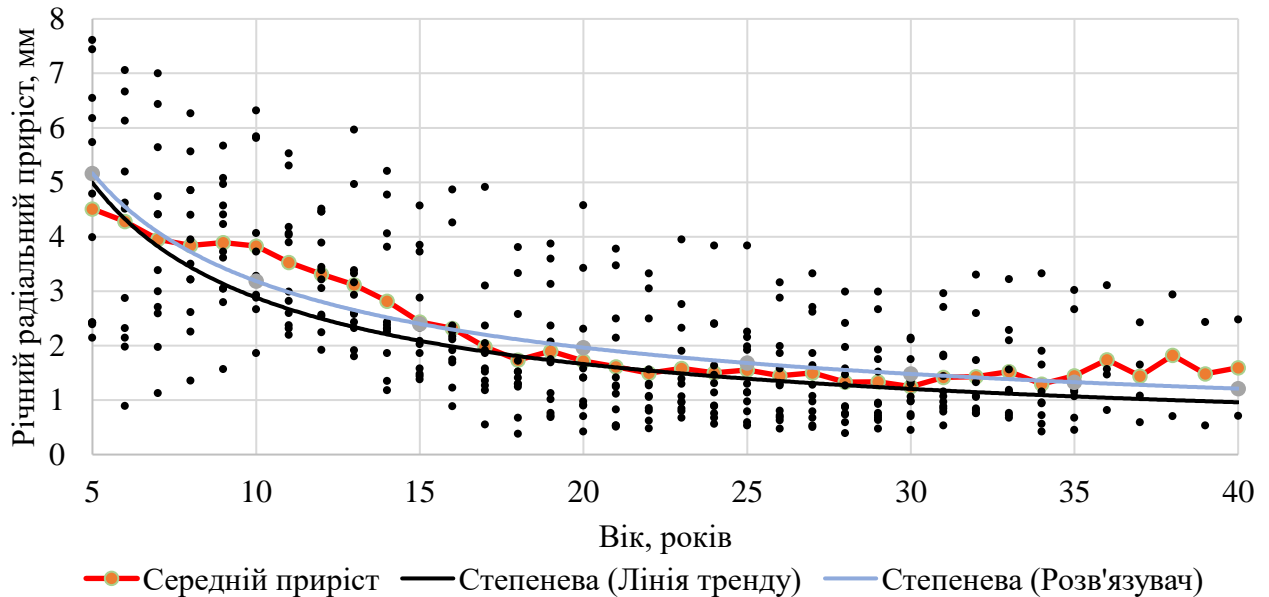


Рис 5.4. Динаміка зміни радіального приросту у модальних середньовікових соснових насадженнях

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

$$\Delta_r = 17,886 \cdot A^{-0,793} \quad (5.5)$$

Адекватність розробленої математичної моделі (ф. 5.3) величини зміни ширини річного кільця дерев у соснових насадженнях по відношенню до дослідних даних становить 0,39 відповідно, модель адекватно описує задану закономірність.

На графіку додатково подано фактичні середні значення приросту та уточнену трендову залежність, отриману з використанням інструмента «Розв'язувач». Застосування цього підходу дало змогу покращити її точність та отримати наступну математичну модель:

$$\Delta_r = 15,87 \cdot A^{-0,6970} \quad (5.6)$$

Модель даних наведена на рис. 5.5 зображує сумарний приріст ширини річних кілець модельних дерев у пристигаючому деревостані (ТПП №2) та вплив кожного модельного дерева на річний приріст насадження. Для здійснення аналізу були використані дослідні дані.

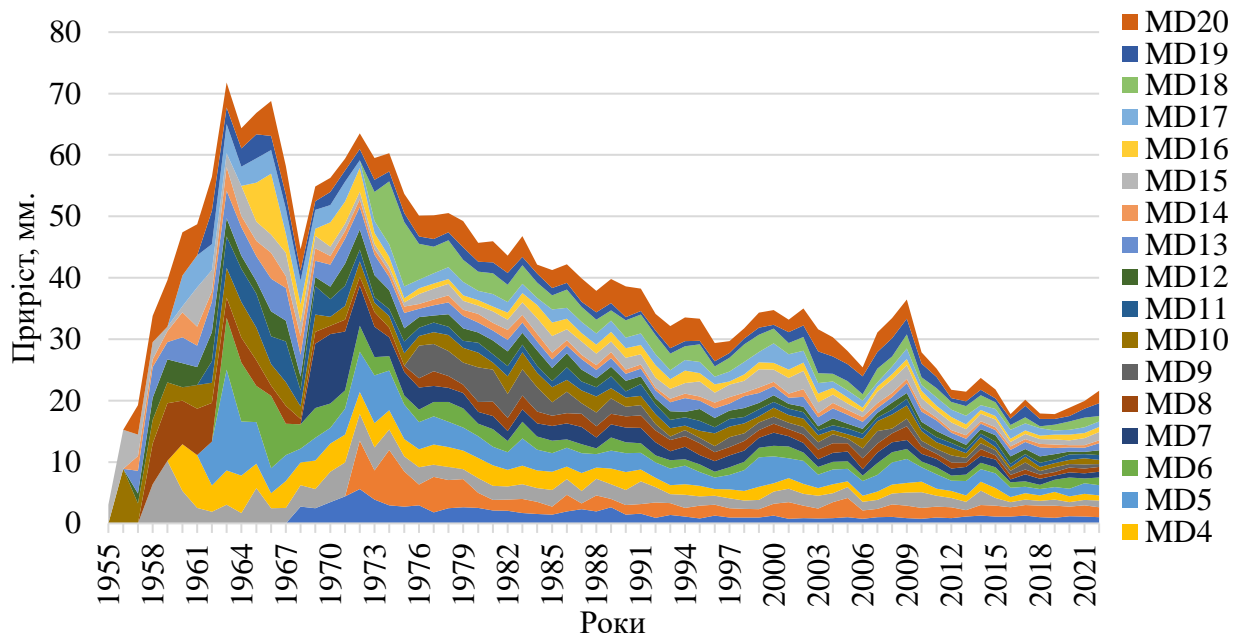


Рис. 5.5. Динаміка зміни радіального приросту модельних дерев ТПП №2 у пристигаючих насадженнях

З моделі даних наведених на рис. 5.5. видно, що динаміка сумарних приростів ширини річного кільця модельних дерев на ТПП №2 є нерівномірною. Різкі викиди максимального приросту спостерігаються у 1962-1963, 1971-1972 та 2008-2009 роках, також незначні викиди помітні у 1965-1966, 1977-1978, 1982-1983, 2001-2002, 2013-2014 та 2016-2017 роках це обумовлюється тим, що в цей період була достатня кількість тепла та вологи. Також є негативна тенденція приросту у 1967-1968, 1974-1975, 1981-1982, 1984-1985, 1992-1993, 2002-2003 2004-2006 та 2015-2016 роках, на це могли впливати несприятливі природні явища які негативно відображаються для нормального розвитку насадження.

Графічне зображення дослідних даних та результати математичного моделювання величини ширини річного кільця пристигаючих соснових деревостанів наведено на рис. 5.6

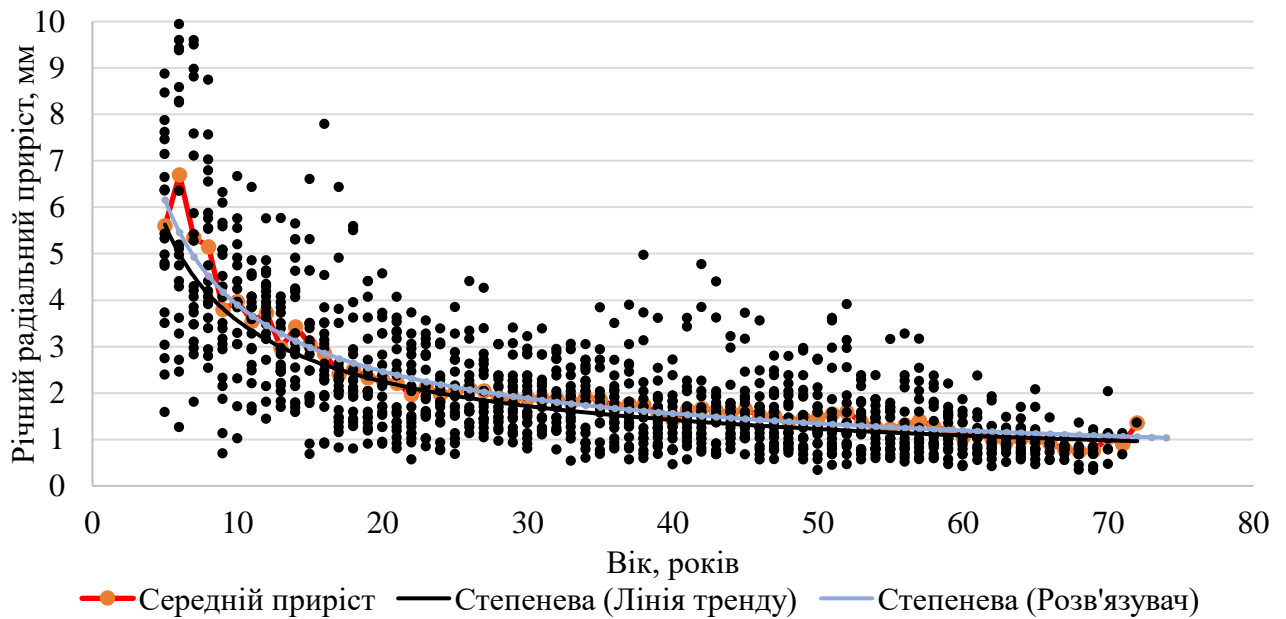


Рис 5.6. Динаміка зміни радіального приросту у модальних пристигаючих соснових насадженнях

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

$$\Delta_r = 17,85 \cdot A^{-0,6610} \quad (5.7)$$

Адекватність розробленої математичної моделі (ф. 5.3) величини зміни ширини річного кільця дерев у соснових насадженнях по відношенню до дослідних даних становить 0,52 відповідно, модель адекватно описує задану закономірність.

На графіку додатково подано фактичні середні значення приросту та уточнену трендову залежність, отриману з використанням інструмента «Розв'язувач». Застосування цього підходу дало змогу покращити її точність та отримати наступну математичну модель:

$$\Delta_r = 13,72 \cdot A^{-0,6310} \quad (5.8)$$

Модель даних наведена на рис. 5.7 демонструє сумарний приріст ширини річних кілець модельних дерев у середньовіковому деревостані (ТПП №3) та долю участі кожного модельного дерева на річний приріст насадження. Для здійснення аналізу були використані дослідні дані.

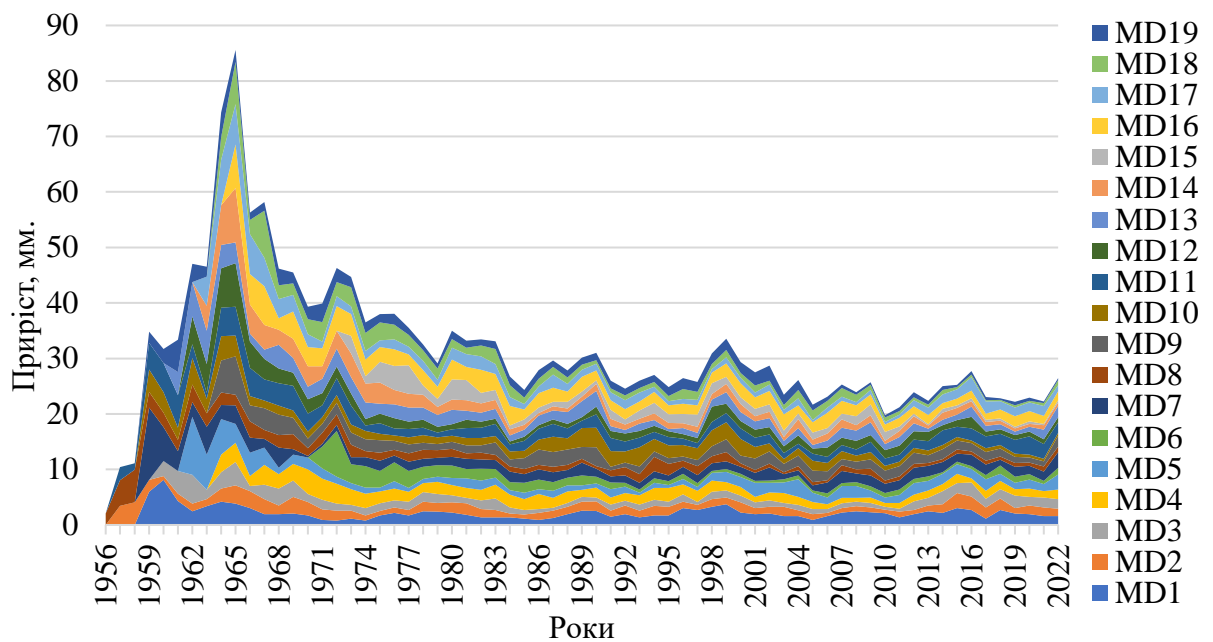


Рис. 5.7. Динаміка зміни радіального приросту модельних дерев ТПП №3

З наведених на рис. 5.7. видно, що динаміка сумарних приростів ширини річного кільця модельних дерев на ТПП №3 є нерівномірною. Різкі викиди максимального приросту спостерігаються у 1964-1965, 1970-1971 та 1998-1999 роках, також незначні викиди помітні у 1979-1980, 1989-1990, 2001-2002, 2003-2004, 2006-2007, 2008-2009 та 2015-2016 роках це обумовлюється тим, що в цей період була достатня кількість тепла та вологи. Також є негативна тенденція приросту у 1969-1970, 1973-1974, 1978-1979, 1983-1984, 1991-1992, 2000-2001, 2002-2003, 2004-2005, 2005-2006 та 2016-2017 роках, на це могли впливати несприятливі природні явища які негативно відображаються для нормального розвитку насадження.

Графічне зображення дослідних даних та результати математичного моделювання величини ширини річного кільця пристигаючих соснових деревостанів наведено на рис. 5.8

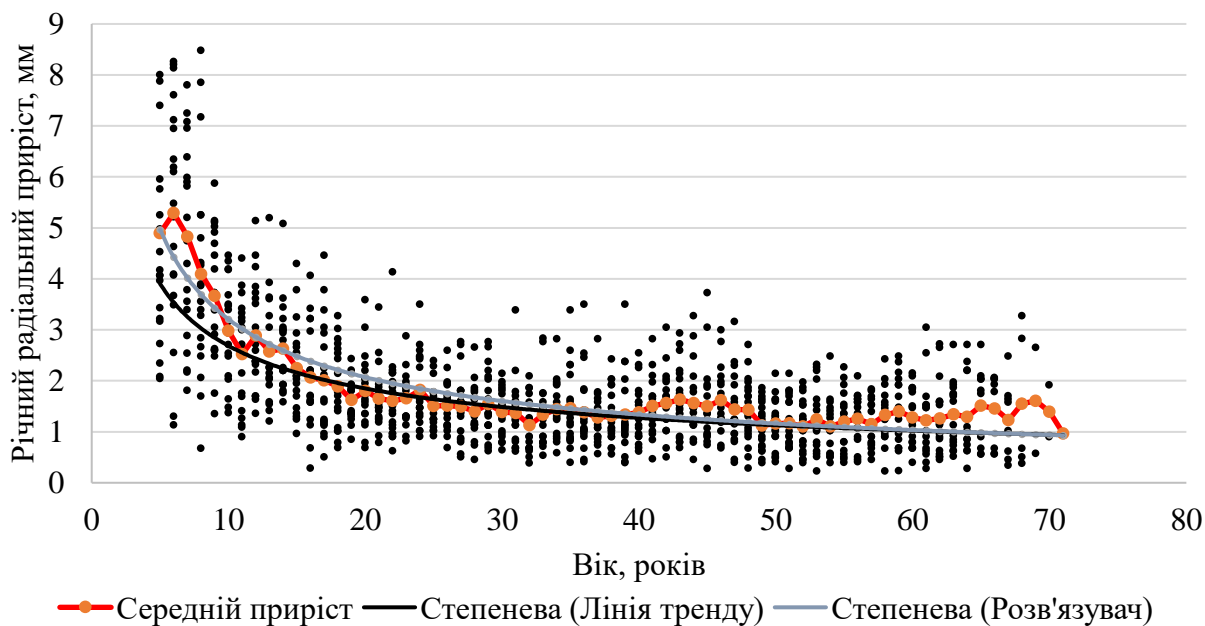


Рис 5.8. Динаміка зміни радіального приросту у модальних пристигаючих соснових насадженнях

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

$$\Delta_r = 9,28 \cdot A^{-0,539} \quad (5.9)$$

Отримане значення коефіцієнта адекватності моделі (0,43) свідчить про те, що модель адекватно відображає залежність між величиною зміни ширини річного кільця дерев у соснових насадженнях та іншими факторами, що досліджувалися. Чим ближче значення коефіцієнта до 1, тим краще модель відтворює експериментальні дані. У нашому випадку значення 0,43 вказує на те, що модель описує задану закономірність на досить задовільному рівні, але можливі певні відхилення від реальних спостережень.

На графіку додатково подано фактичні середні значення приросту та уточнену трендову залежність, отриману з використанням інструмента «Розв'язувач». Застосування цього підходу дало змогу покращити її точність та отримати наступну математичну модель:

$$\Delta_r = 13,72 \cdot A^{-0,6310} \quad (5.10)$$

Модель даних наведена на рис. 4.10 вказує, що сумарний приріст ширини річних кілець модельних дерев у стиглому деревостані (ТПП №4) та участь

кожного модельного дерева у формуванні річного приросту насадження. Для здійснення аналізу були використані дослідні дані.

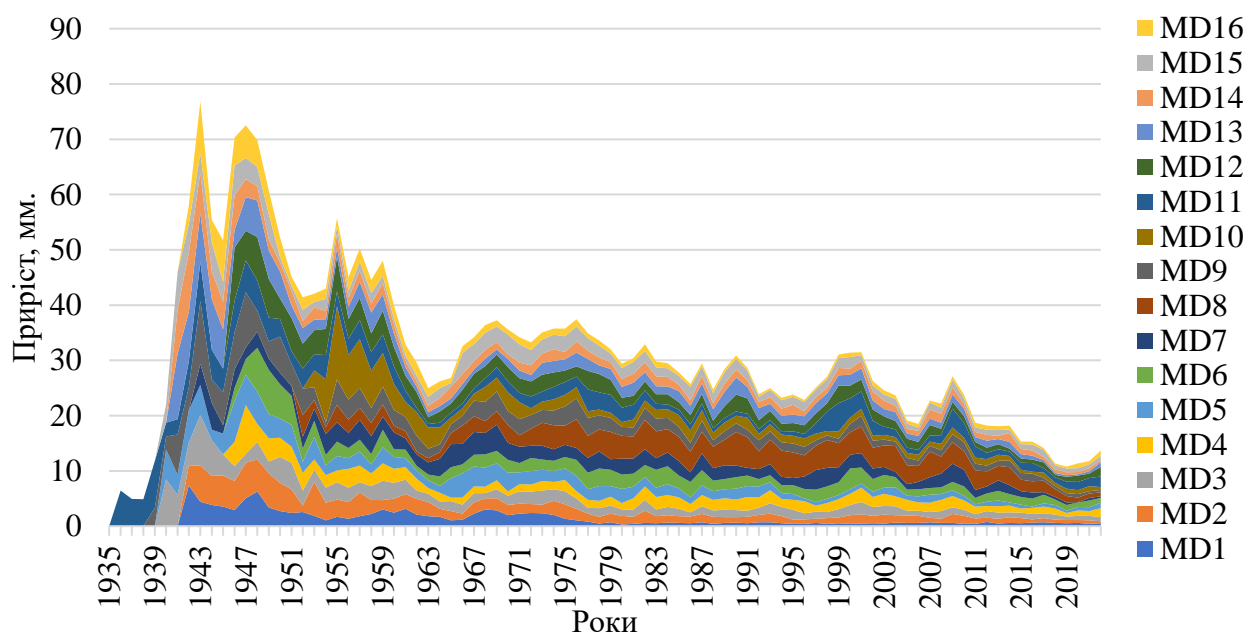


Рис. 5.9. Динаміка зміни радіального приросту модельних дерев ТПП №4

З моделі даних наведених на рис. 5.9. видно, що динаміка сумарних приростів ширини річного кільця модельних дерев на ТПП №4 є нерівномірною. Різкі викиди максимального приросту спостерігаються у 1942-1943, 1946-1947 та 1954-1955 роках, також незначні викиди помітні у 1956-1957, 1958-1959, 1968-1969, 1975-1976, 1981-1982, 1976-1977, 1989-1990, 2000-2001 та 2008-2009 роках це обумовлюється тим, що в цей період була достатня кількість тепла та вологи. Також є негативна тенденція приросту у 1944-1945, 1951-1950, 1957-1958, 1962-1963, 1971-1972, 1979-1980, 1984-1985, 1987-1988, 1991-1992, 2002-2003, 2004-2005 та 2010-2011 роках, на це могли впливати несприятливі природні явища які негативно відображаються для нормального розвитку насадження.

Графічне зображення дослідних даних та результати математичного моделювання величини ширини річного кільця стиглих соснових деревостанів на території філії наведено на рис. 5.10 [52].

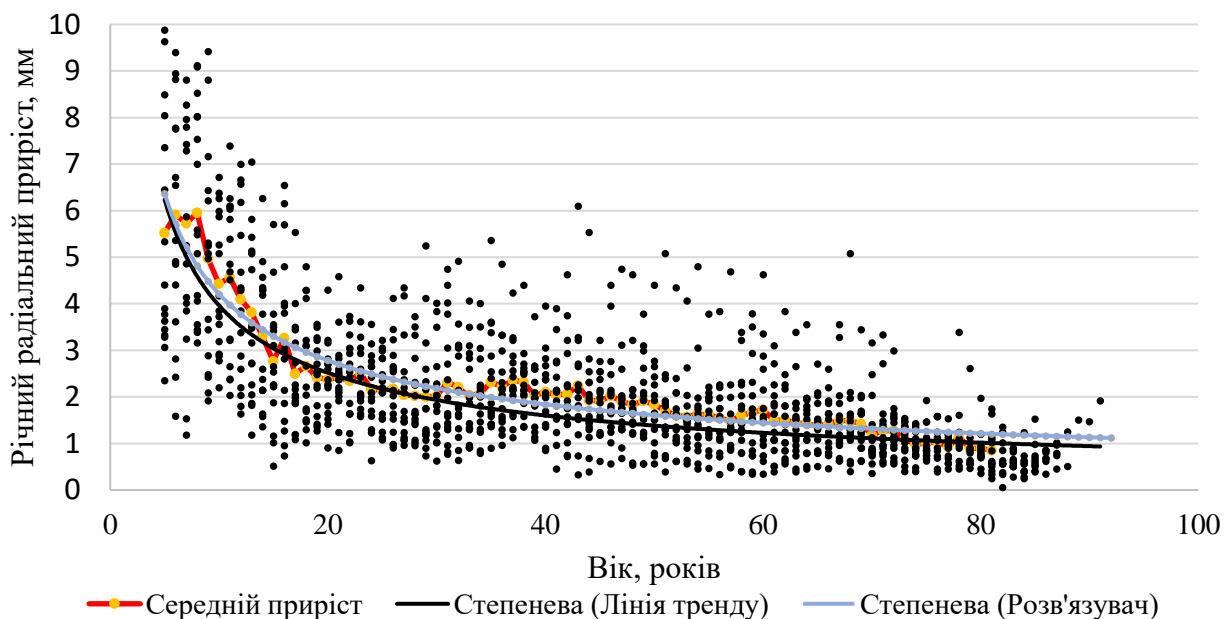


Рис 5.10. Динаміка зміни радіального приросту у модальних стиглих соснових насадженнях

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

$$\Delta_r = 17,86 \cdot A^{-0,6540} \quad (5.11)$$

Адекватність розробленої математичної моделі (ф. 5.11) становить 0,47 свідчить про те, що модель досить точно відображає залежність між величиною зміни ширини річного кільця дерев у соснових насадженнях та дослідними даними. Чим ближче значення коефіцієнта до 1, тим краще модель відтворює експериментальні дані.

На графіку додатково подано фактичні середні значення приросту та уточнену трендову залежність, отриману з використанням інструмента «Розв'язувач». Застосування цього підходу дало змогу покращити її точність та отримати наступну математичну модель:

$$\Delta_r = 16,66 \cdot A^{-0,5970} \quad (5.12)$$

Розроблена математична модель ефективно описує задану закономірність, і може бути використана для прогнозування зміни ширини річного кільця у подальших дослідженнях.

5.2. Приріст по діаметру

Вивчення приросту дерев у діаметрі має ключове значення для оцінювання продуктивності та стійкості насаджень. Аналіз динаміки цього показника дозволяє визначити закономірності росту дерев протягом усього їхнього життя, виявити періоди активного чи уповільненого приросту, а також оцінити вплив природних і антропогенних чинників на розвиток насадження. Приріст у діаметрі є одним із ключових таксаційних показників, оскільки він безпосередньо пов'язаний із накопиченням біомаси, запасом деревини та загальною життєздатністю деревостанів. На рис. 5.11 наведено динаміку діаметра стовбурів дерев (Δd) з віком ($r=0,85$).

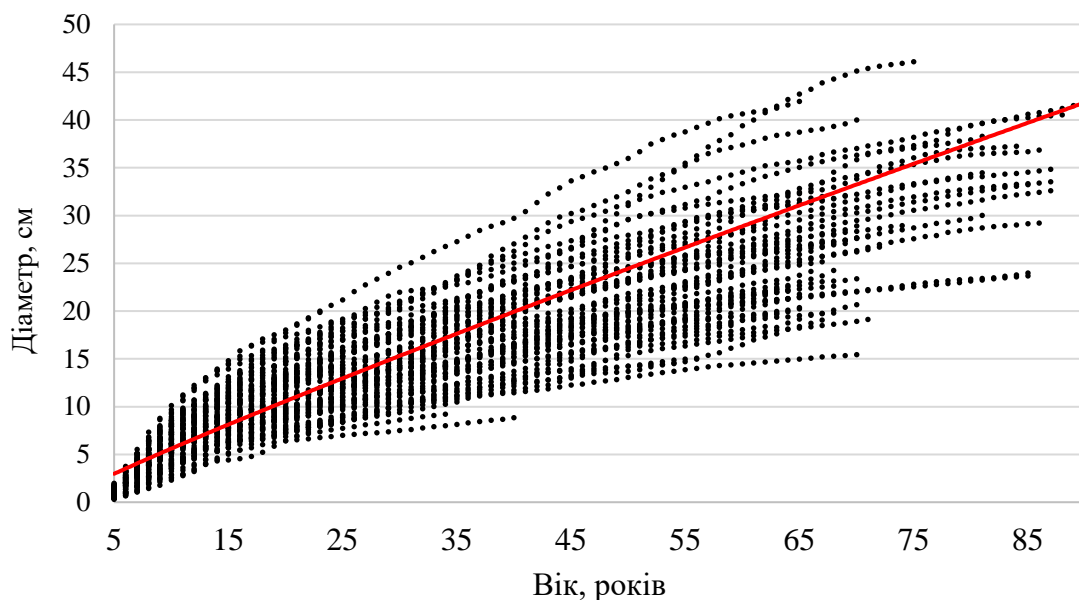


Рис 5.11. Динаміка діаметра стовбурів дерев сосни звичайної

З отриманих даних видно, що у віці від 5 до 25 років відбувається інтенсивне наростання діаметра, яке зумовлене активним ростом у висоту та формуванням крони. У середньовіковому періоді (35–60 років) темпи приросту стабілізуються, що свідчить про досягнення насадженням оптимальної густоти та рівноваги між ростом і конкуренцією за ресурси. У старшому віці (понад 70 років) спостерігається поступове зниження інтенсивності приросту.

В результаті проведеного математичного моделювання дослідних даних отримано наступну математичну модель:

$$\Delta_d = 0,683 \cdot A^{0,915} \quad R^2 = 0,83 \quad (5.13)$$

Адекватність розробленої моделі (ф. 5.3) становить ($\Theta=0,58$), що підтверджує її надійність для прогнозування росту діаметра для росту соснових насаджень. Динаміку відносних значень поточного приросту за діаметром дерев сосни звичайної в залежності від віку ($r=0,82$) наведена на рис. 5.12

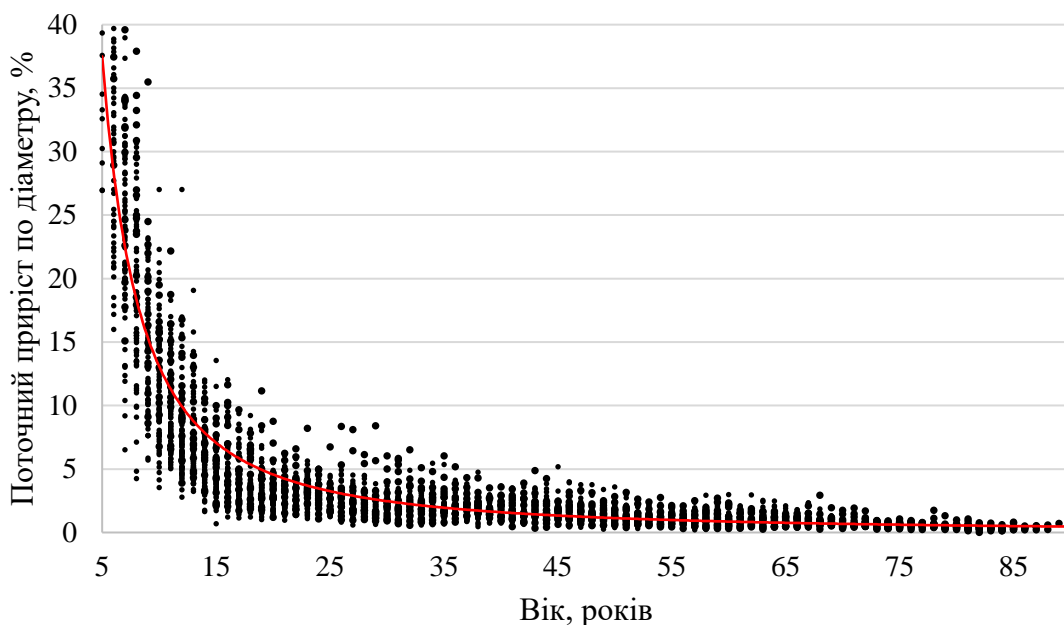


Рис. 5.12. Динаміка відносних значень поточного приросту за діаметром дерев сосни звичайної

В результаті проведеного математичного моделювання дослідних даних отримано наступну математичну модель:

$$\Delta_d = 432,1 \cdot A^{-1,519} \quad R^2 = 0,84 \quad (5.14)$$

На ранніх етапах розвитку (до 15–20 років) приріст має максимальні значення, що свідчить про високу інтенсивність ростових процесів. У подальшому темпи приросту поступово знижуються і стабілізуються на рівні 3–5 % у середньовікових насадженнях. Для старших вікових груп (понад 70 років) поточний приріст за діаметром не перевищує 2 %. Розроблена математична модель адекватно описує встановлену закономірність ($\Theta=0,39$).

Загалом динаміка приросту за діаметром у соснових насадженнях відображає типовий біологічний розвиток виду: швидке наростання у молодому віці, стабілізація росту при досягненні оптимальної густоти та поступове

уповільнення при досягненні віку стиглості. Встановлені закономірності підтверджують, що сосна звичайна демонструє стабільний характер росту за сприятливих умов, а розроблені математичні моделі можуть бути використані для прогнозування динаміки таксаційних показників і визначення продуктивності деревостанів у подібних типах лісорослинних умов.

5.3. Приріст по об'єму

Вивчення приросту дерев за об'ємом є одним із ключових етапів оцінювання продуктивності лісових насаджень. Показники об'ємного приросту відображають загальну інтенсивність росту деревини, що дає можливість прогнозувати динаміку запасів, визначати оптимальні строки проведення рубок догляду та оцінювати стійкість насаджень у різних лісорослинних умовах. Аналіз приросту за об'ємом також дозволяє виявити закономірності співвідношення між приростом у діаметрі та висоті [36].

Розрахунок відносного поточного приросту стовбура за об'ємом (P_v) у межах досліджуваних насаджень проводився за методичним підходом, розробленими проф. К. Є. Нікітіним (5.10):

$$P_v = P_g + P_{hf}, \quad (5.15)$$

де P_g – відсоток приросту за площею поперечного перерізу;

P_{hf} – відсоток приросту за видовою висотою.

Показники P_g та P_{hf} визначалися за нормативними матеріалами, наведеними у «Лісотаксаційному довіднику» [37]. Для проведення розрахунків використовували вихідні таксаційні параметри: радіальний приріст, діаметр стовбура на висоті 1,3 м без кори, а також вік та висота дерева.

З метою подальшого моделювання динаміки росту було здійснено кореляційний аналіз, який дав змогу кількісно оцінити взаємозв'язки між основними таксаційними показниками. На основі отриманих парних коефіцієнтів кореляції (табл. 5.3) встановлено зв'язки між ними, що є важливою передумовою для побудови адекватних моделей приросту.

Таблиця 5.2

Коефіцієнти кореляції таксаційних ознак дерев сосни звичайної

Парні коефіцієнти кореляції							
	d (бк)	$10i$	h	a	P_g	P_h	P_v
Діаметр без кори, d (бк)	1						
10-річний рад. приріст, ($10i$)	-0,193	1					
Висота, м (h)	-0,585	0,788	1				
Вік, років (a)	-0,465	0,875	0,907	1			
P_g	0,800	-0,657	0,670	0,630	1		
P_{hf}	0,564	-0,737	-0,962	-0,887	0,890	1	
P_v	0,736	-0,703	-0,932	-0,874	0,986	0,953	1

Аналіз показників поточного приросту за площею поперечного перерізу (P_g) засвідчив, що зв'язки з іншими таксаційними ознаками мають переважно середню силу. Так, виявлено помірну негативну кореляцію між 10-ти річним радіальним приростом та віком дерев ($r=-0,657$), що вказує на закономірне зменшення інтенсивності приросту зі збільшенням віку. Водночас між відсотком поточного приросту по площі поперечного перерізу та поточним приростом по об'єму спостерігається досить тісний позитивний зв'язок ($r=0,800$).

Щодо поточного приросту за видовою висотою (P_{hf}), встановлено тісний кореляційний зв'язок з:

віком – сильний негативний кореляційний зв'язок ($r=-0,962$), що пояснюється поступовим уповільненням росту дерев у старшому віці;

відсотком поточного приросту по об'єму (P_v) – позитивний кореляційний зв'язок ($r=0,890$), який свідчить про рівномірне збільшення висоти та об'єму деревини;

діаметром – негативний кореляційний зв'язок ($r=-0,737$), зі збільшення діаметра супроводжується зменшенням темпів приросту за висотою.

У результаті обробки даних та моделювання даних на рис. 5.13 представлено зміну відсотка поточного приросту за площею поперечного перерізу сосни звичайної залежно від віку.

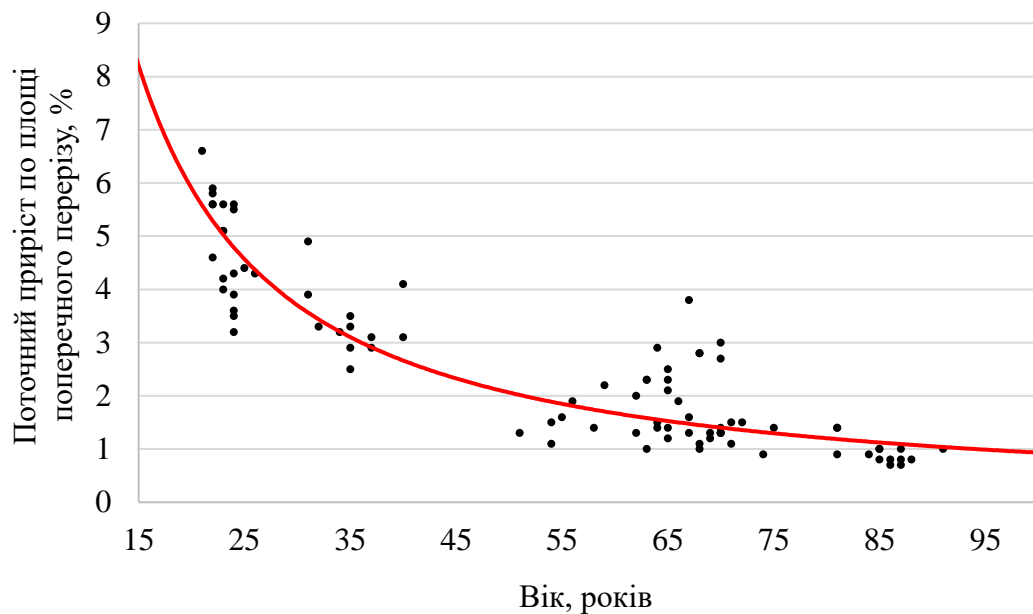


Рис. 5.13. Динаміка відсотку поточного приросту за площею поперечного перерізу

Математична модель динаміки поточного приросту за площею поперечного перерізу від віку дерев (A):

$$P_g = 182,88 \cdot A^{-1,147} \quad R^2 = 0,78 \quad (5.16)$$

У молодих насадженнях (до 30 років) поточний приріст досягає 4–8 %, у середньовікових – знижується до 2,5–1,5 %, а у старших (понад 70 років) не перевищує 1,5 %. На рис. 5.14 наведено динаміку поточного приросту за видовою висотою дерев сосни звичайної. Побудована модель демонструє поступове уповільнення вертикального росту з віком, що є типовою ознакою розвитку насаджень у середньовіковому та старшому віці.

Математична модель динаміки поточного приросту за видовою висотою від віку дерев (A):

$$P_{hf} = 4,96 \cdot e^{-0,027 \cdot A} \quad R^2 = 0,97 \quad (5.17)$$

У молодих насадженнях (20–30 років) поточний приріст становить близько 2–3,5 %, після чого поступово зменшується до 0,5–1 % у старших насадженнях. Така тенденція є закономірною, оскільки зі збільшенням віку дерева більшу частину ресурсів спрямовують не на ріст, а на підтримання життєвих процесів.

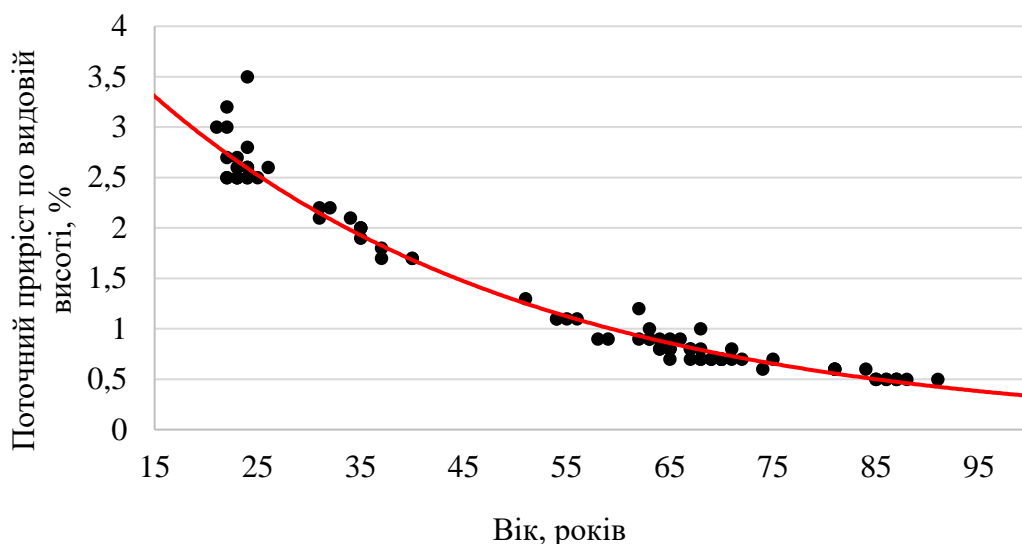


Рис. 5.14. Динаміка відсотку поточного приросту за видовою висотою

У результаті опрацювання даних та математичного моделювання отримано модель відсотку поточного приросту по об'єму, а графічна ілюстрація наведена на рис.5.15.

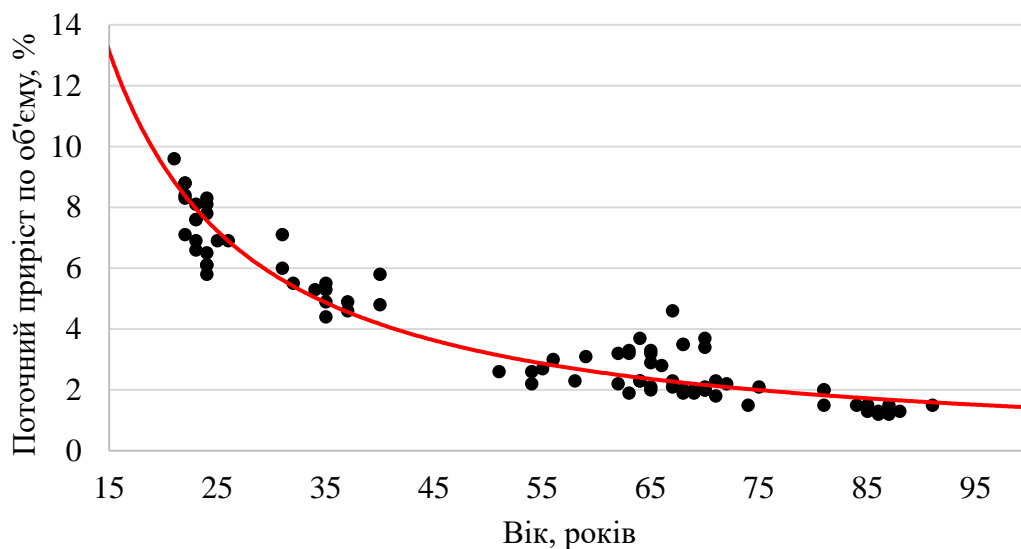


Рис. 5.15. Динаміка відсотку поточного приросту по об'єму

На рис. 5.15 подано динаміку відсотку поточного приросту стовбурів за об'ємом. У результаті проведеного моделювання отримано рівняння:

$$P_V = 312,7 \cdot A^{-1,171} \quad (5.18)$$

Модель демонструє закономірне зменшення темпів приросту зі збільшенням віку дерев: у молодому віці (до 25–30 років) показник сягає 7–9 %, у старшому віці (понад 70 років) показник становить 1–2 %.

у середньовікових насадженнях знижується до 3–4 %, а у старших (понад 70 років) стабілізується на рівні 1–2 %. Така тенденція є типовою для соснових насаджень і відображає природне зниження ростової активності внаслідок старіння дерев ($R^2 = 0,88$).

Висновки до 5-го розділу. Встановлено закономірності впливу кліматичних чинників на динаміку приросту соснових насаджень різного віку. Проведене дослідження вказує, що температура часто має виражений вплив на величину річного приросту особливо у молодому віці всіх дослідних ділянок. Підвищення середньомісячних температур у весняно-літній період позитивно впливає збільшення приросту деревини, тоді як надмірне нагрівання влітку може дещо знижувати інтенсивність росту. Загалом соснові насадження характеризуються достатньою адаптивною стійкістю до коливань температурного режиму, що свідчить про їхню високу здатність пристосовуватись до кліматичних змін. Розроблені математичні модель поточного приросту соснових насаджень адекватно описують встановлені закономірності та можуть бути використані при обґрунтуванні обсягів використання лісових ресурсів з дотриманням принципів сталого лісокористування.

ВИСНОВКИ

1. У межах Камінь-Каширського надлісництва філії «Поліський лісовий офіс» ДП «Ліси України» закладено п'ять тимчасових пробних площ, що репрезентують соснові насадження різних вікових груп та відібрано 87 зразків деревини (кернів) для побудови дерево-кільцевих хронологій і подальшого аналізу радіального приросту.

2. Виконано повний цикл дендрохронологічного аналізу, який включав обробку кернів, вимірювання ширини річних кілець, стандартизацію даних і статистичне опрацювання. На основі отриманих даних побудовано хронології для кожної пробної ділянки, що дозволило простежити закономірності росту сосни звичайної у межах надлісництва.

3. Розроблено математичні моделі залежності середньої ширини річного кільця від віку дерев, які адекватно описують встановлені закономірності (коефіцієнт детермінації $\Theta = 0,39-0,52$). Встановлено обернений зв'язок між віком і приростом, тобто зі збільшенням віку спостерігається закономірне зменшення радіального приросту.

4. Проведено статистичний аналіз варіацій середнього приросту. Найвищу варіабельність показників виявлено у стиглих насадженнях (ТПП №4), що свідчить про різноманітність умов зростання та різну реакцію дерев на зовнішні фактори. Молодняки (ТПП №1) характеризуються вищою динамічністю приросту, тоді як середньовікові й пристигаючі деревостани демонструють більшу стабільність динаміки росту.

5. Встановлено, що у молодняках спостерігається найбільша чутливість до змін кліматичних умов; у середньовікових – більш згладжена реакція, що свідчить про їх кращу адаптацію; у пристигаючих і стиглих – стабільність приросту при незначних відхиленнях у несприятливі роки.

6. Проведений кореляційний аналіз між величиною середньорічної температури та величиною приросту показав наявність оберненого зв'язку: для молодняків $r = -0,63$, середньовікових насаджень $r = -0,52$, пристигаючих $r = -0,46$ і $-0,41$, стиглих $r = -0,38$. Це підтверджує, що з віком дерев знижується

їхня чутливість до температурних коливань, а молодші насадження є найбільш уразливими до кліматичних стресів.

7. Встановлено, що всі досліджувані соснові насадження характеризуються помірною фізіологічною стійкістю, тобто здатні компенсувати негативні кліматичні впливи без істотного зниження приросту, однак протягом всього періоду насадження зазнавали короткотермінових стресових ситуацій, а особливо це прослідковується у групі віку молодняки та середньовікові насадження.

8. Встановлено, що короткотривалі кліматичні стреси (підвищення температури чи різке зниження) – не спричиняють критичного погіршення ростових процесів сосни звичайної в регіоні дослідження, а лише тимчасово впливають на динаміку приросту.

9. Отримані результати мають практичне значення: вони можуть бути використані для прогнозування продуктивності лісових насаджень, оцінки їх стійкості до кліматичних коливань та розроблення адаптивних лісогосподарських заходів. Зокрема, результати можуть слугувати основою для обґрунтування щорічного використання приросту деревини на засадах сталого лісокористування.

10. Проведене дослідження підтвердило ефективність використання дендрохронологічних методів у комплексному оцінюванні стану соснових насаджень. Отримані залежності та моделі можуть бути застосовані для інших підприємств Полісся України, що сприятиме удосконаленню моніторингу росту лісів у контексті кліматичних змін.

РЕКОМЕНДАЦІЇ

Проведені дослідження відсотку поточного приросту по об'єму у соснових насадженнях Камінь-Каширського надлісництва можуть слугувати основою для подальшого обґрунтування щорічного лісокористування на засадах сталого лісокористування та прогнозу обсягів лісокористування в межах Полісся України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Annighöfer P., Pretzsch H., Seidel D. *Effects of spacing and genetic entry on radial growth and ring density development in Scots pine (Pinus sylvestris L.). Annals of Forest Science.* 2011. Vol. 68(3). Pp. 595-606. DOI: 10.1007/s13595-011-0117-8.
2. Fuchylo Y., Irkliyenko S., Sbytna M., & Ivanchenko V. *Scots pine forest crops in the south of Kyiv Polyssia: Features of creation and cultivation.* Kyiv : Logos, 2009. 156 p.
3. Getmanchuk A., Kychylyuk O., Voytyuk V., & Borodavka V. *The regional changes of climate as primary causes of strong withering of pine stands in Volyn Polissya.* Scientific Bulletin of UNFU. 2017. Vol. 27(1). Pp. 120-124. DOI: 10.15421/40270127.
4. Gout R. Radial growth of Scots pine in cenopopulations of Western Ukraine. Scientific Bulletin of UNFU. 2011. Vol. 21(4). Pp. 9-17. DOI: 10.15421/40210401 [In Ukrainian].
5. Gritsan Y. I., Lovynska V. M., Sytnyk S. A. *Radial increment dynamics in Pinus sylvestris stands within the Northern Steppe of Ukraine.* Biosystems Diversity. 2018. Vol. 26(3). Pp. 213–217. DOI: 10.15421/011832
6. Holiaka D. M., Kashparov V. O., Levchuk S. Y., Protsak V. P., Lazariev M. M., Pavliuchenko V. V., Holiaka M. A., & Yoshchenko L. V. The dynamics of litterfall, throughfall and stemflow in radioactively contaminated pine stands. Scientific Bulletin of UNFU. 2018. Vol. 27(10). Pp. 77–80. DOI: 10.15421/40271013.
7. Koval I. M. Response of pine radial growth to change of climate and recreational load in forest-steppe of Ukraine. *Scientific Bulletin of UNFU.* Vol. 2011. Vol. 21(2), Pp. 63-70. DOI: 10.15421/20110209
8. Koval I. M., & Voronin V. O. Response of Pinus sylvestris L. radial growth to climate change in stands in Left-Bank Forest-Steppe. *Forestry and Forest Melioration.* 2019. Vol. 135. Pp. 140–148. DOI: 10.33220/1026-3365.135.2019.140

9. Koval I. M., Bologov O. V., Nsubuga S. A., & Juzvinsky G. A. Radial increment of Oak and Ash trees as indicator of forest ecosystems condition in Ukraine. *Forestry and Forest Melioration*. 2018. Vol. 132. Pp. 57-63. DOI: 10.33220/1026-3365.132.2018.57
10. Koval I. M., Bräuning A., Melnik E., & Voronin V. O. Dendroclimatological research of Scots pine in stands of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Man and Environment. Issues of Neoecology*. 2017. Vol. 28(3-4). Pp. 66–73. DOI: 10.26565/1992-4224-2017-28-08
11. 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*. 2019. Vol. 61(2). Pp. 123-134. DOI: 10.2478/ffp-2019-0012
12. Kovalevskii S., Krol A., Myroniuk V., Kovalevskyy S., Vysotska N., Khromulyak O., & Yurchenko V. Growth of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands on soils with close bedding of crystalline parent rocks in Central Polissya, Ukraine. *Central European Forestry Journal*. 2022. Vol. 68(2). Pp. 72–77. DOI: 10.2478/forj-2021-0026
13. Lesnik O., Blyshchyk V., Odruzhenko A., Behal M. Growth and physiological stability of pine stands of the Ukrainian Polissia. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*. 2022. Vol. 13(1). Pp. 18-24.
14. Linkevičius E., Kliučius A., Šidlauskas G., Augustaitis A. *The Growing Dynamic of Pure Scots Pine Stands Using Thinning Experiments over 30 Years*. *Forests*. 2023. Vol. 14, № 8, article 1610.
15. Ministry of Ecology and Natural Resources of Ukraine. *How the climate is changing in Ukraine*. Retrieved November 6, 2025, from <https://mepr.gov.ua/news/35246.html>.
16. Netsvetov M., Prokopuk Y., Didukh Y., Romenskyy M. Climatic sensitivity of *Quercus robur* L. in floodplain near Kyiv under river regulation. 2018. Vol. 79. Pp. 20-33
17. Shvidenko A., Lakyda P., Schepaschenko D., Vasylyshyn, R., & Marchuk, Y. *Carbon, Climate and Land-Use in Ukraine: Forest Sector*. Kiev :

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. 2014. ISBN 978-966-2464-40-5.

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

19. Ваколюк В. Д. Радіальний приріст дерев дуба звичайного у лісах Поділля, пошкоджених і непошкоджених льодоламом 2000 року. *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України*. 2009. Вип. 19 (10). С. 37-47.

20. Ворон В.П., Коваль І.М., Сидоренко С.Г., Мельник Є.Є., Ткач О.М., Борисенко В.Г., Тимошук І.В., Бологов О.Ю. «Пірогенна трансформація сосняків України». 2021. С. 105-120. ISBN 978-617-77897-54-4

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

22. Гут Р. Т., Король М. М. Взаємозв'язок основних морфометричних показників дерев сосни звичайної різних ценопопуляцій. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2008. Вип. 18.11. С. 133-137.

23. Іванюк І. Д., Іванюк Т. М. Радіальний приріст пристигаючих дубових деревостанів сугрудів центрального Полісся України. 2019. *Наукові горизонти*. Вип. 2. С. 50-57.

24. Камінь-Каширське ЛГ: «Лісівники вболівають про зелені легені нашої планети». Режим доступу: <https://t1.ua/people/35308-kamin-kashyrske-lh-lisivnyku-vbolivayut-pro-zeleni-leheni-nashoyi-planety.html>.

25. Коваль І. М. Динаміка радіального приросту дуба звичайного під впливом рекреації в зеленій зоні м. Харкова. Лісівництво і агролісомеліорація. 2006. № 110. С. 229–234.

26. Коваль І. М. Радіальний приріст як індикатор стійкості лісових екосистем на прикладі соснових лісів зеленої зони м. Харкова. *Науковий вісник*

Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2010. Вип. 147. С. 223-232.

27. Коваль І. М. Реакція радіального приросту *Quercus robur L.* на зміни клімату в Поліссі та Лісостепу. 2020. *Наукові праці лісівничої академії наук*. Вип. 20. С. 64-73.

28. Коваль І. М., Саас-Клаассен У., Волошинова Н. А., Присяжнюк А. А. Вплив клімату на формування деревних кілець дуба звичайного в надзвичайно вологих умовах Полісся. *Лісівництво і агролісомеліорація*. 2006. № 109. С. 127-134.

29. Коваль І. М., Швець Ю. П., Плугатар С. А., Папельбу В. В., Грицай А. А. Дендрохронологічний аналіз сосни кримської на південних схилах Кримських гір. *Науковий вісник Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. України. 2013. № 23 (2). С. 70-77.

30. Коваль І.М, Воронін В. О. Реакція радіального приросту *Pinus Sylvestris L.* на зміну клімату в насадженнях Лівобережного лісостепу. *Лісівництво і агролісомеліорація*. 2019. Вип. 135. С. 140-148.

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

32. Коваль І.М. Радіальний приріст дуба звичайного та ясена звичайного як індикатор стану лісових екосистем в умовах Новоград-Волинського фізикогеографічного району. *Лісівництво і агролісомеліорація* Харків: УкрНДІЛГА, 2015. Вип. 126. С. 202-211.

33. Ковельська метеорологічна станція. Дані спостережень за середньомісячними температурами повітря та кількістю опадів за період 2000-2025 рр. Центральна геофізична обсерваторія ім. Бориса Срезневського ДСНС України. Київ, 2025.

34. Леснік О.М., Одруженко А.І. Радіальний приріст стовбурів дерев у насадженнях сосни звичайної. Екосистемні послуги лісів та урболаншафтів: Міжнародна науково-практична конференція. К. 2021. С.61.

35. Лісова таксація : навчальний посібник / В.В Миронюк, В.А. Свинчук, А.М. Білоус, Р.Д. Василичин. К.: НУБіП України, 2019. 220. С
36. Лісова таксація : навчальний посібник / Є. І. Цурик. Львів : УкрДЛТУ, 2000. 260 с.
37. Лісотаксаційний довідник / уклад. А.М. Білоус, С.М. Кашпор, В.В. Миронюк, В.А. Свинчук, О.М. Леснік. Київ: Видавничий дім «Вініченко», 2021. 424 с.
38. Мазепа В. Г. Методика оцінки динаміки радіального приросту дубових деревостанів в умовах атмосферного забруднення. Наукові праці Лісівничої академії наук України: Збірник наукових праць. 2009. № 7. С. 36-40.
39. Мазепа В. Г., Криницький Г. Т., Леонтяк Г. П. Наслідки впливу змін клімату та атмосферного забруднення на радіальний приріст сосняків в умовах Малого Полісся України. *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України*. Вип. 19(15). 2009. С. 56-63.
40. Мазепа В. Г., Новак А. А, Сопушинський І. М. Особливості радіального приросту дубових деревостанів зеленої зони Львова. *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України*. Вип. 20(4). 2010. С. 36-42.
41. 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. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2018. С. 65-69.
42. Наказ Державного спеціалізованого господарського підприємства «Ліси України» № 401 від 03 лютого 2023 р. «Про організацію території земель ДП «Ліси України».
43. Новак А. А., Копій С. Л., Агій В. О. Особливості радіального приросту фенологічних форм дуба звичайного (*Quercus robur L.*) у Західному Лісостепу України. 2022. *Науковий вісник НЛТУ України*. Вип. 32(4). С. 7-11.
44. Офіційний сайт ДП «Ліси України». Режим доступу: <https://e-forest.gov.ua/filii-dp-lisy-ukrainy/>. (20.01.2024)

45. Постанова КМУ від 16.05.07р. №733. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/733-2007-%D0%BF#Text> (дата звернення 05.10.2023).

46. Проект організації та розвитку лісового господарства ДП «Камінь-Каширське ЛГ». ВО «Укрдержліспроект». Ірпінь, 2011. 192 С.

47. Проект організації та розвитку лісового господарства ДП СЛАП «Камінь-Каширськагроліс». ВО «Укрдержліспроект». Ірпінь, 2011. 200 С.

48. Проект організації та розвитку лісового господарства філії «Камінь-Каширське ЛГ» ДП «Ліси України». 2021. 214 С.

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

50. Черневський І. Ю., Третяк П. Р. Приріст старовікових деревостанів та його екологічне значення. *Науковий вісник НЛТУ України*. Вип. 20.9.2010. С. 70-77

51. Романенко В. А., Ковалевський С. Б. Вплив кліматичних змін на радіальний приріст сосни звичайної у насадженнях ВП НУБіП України «Боярська ЛДС». // *Науковий вісник НУБіП України. Серія: Лісівництво та декоративне садівництво*. 2023. Вип. 327. С. 145-152.

52. Сіжук О. В. Фізіологічна стійкість середньовікових соснових насаджень у філії «Камінь-Каширське лісове господарство» ДП «Ліси України» 78-а Всеукраїнська студентська науково-практична конференція «Науковий пошук молоді для сталого розвитку лісового комплексу та садово-паркового господарства», Київ, 07 листопада 2024 р. Київ : НУБіП України, 2024. С. 45-46.

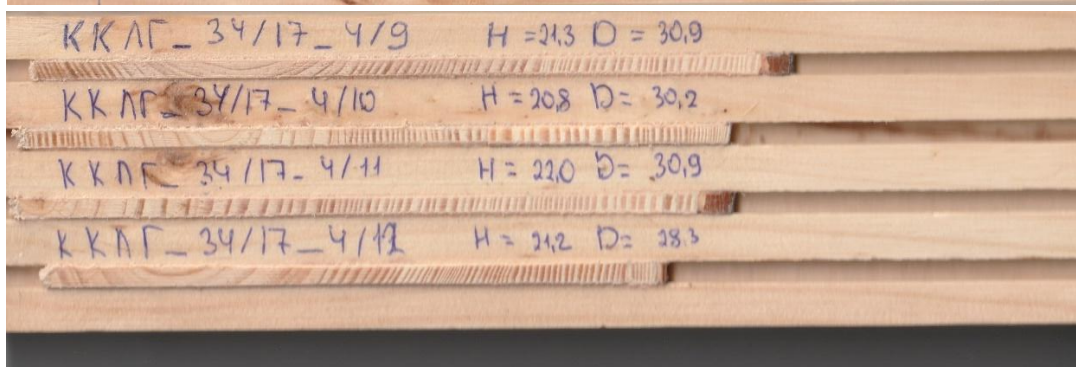
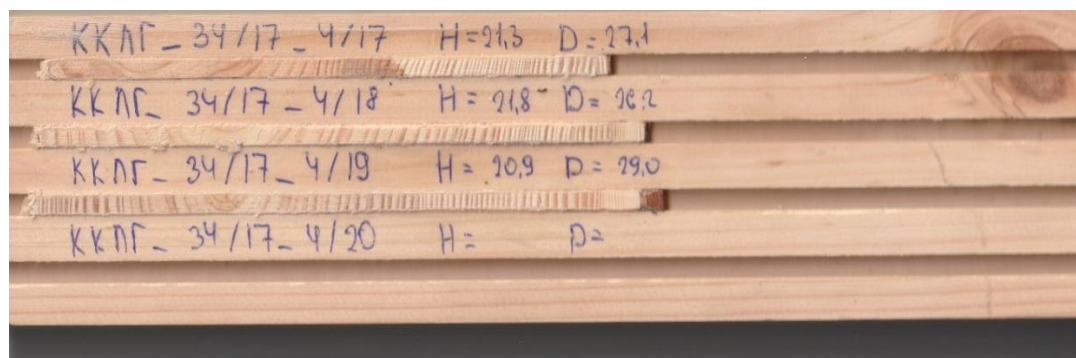
53. Сіжук О. В. Радіальний приріст стовбурів дерев у стиглих соснових насадженнях «Камінь-Каширського» надлісництва філії «Поліський лісовий офіс». Природно-ресурсний комплекс Західного Полісся в контексті сталого розвитку : збірник тез конференції, Березне, 21 березня 2025 р. Березне : НСІ НУВГП, 2025. С. 150-151.

54. Сіжук О. В. Фізіологічна стійкість дерев у стиглих соснових насадженнях «Камінь-Каширського» надлісництва філії «Поліський лісовий офіс». Сучасний стан, проблеми, головні завдання та перспективи відтворення і захисту лісів в умовах зміни клімату: Всеукраїнська науково-практична конференція, Київ, 03 березня 2025 р. Київ : НУБіП України, К. 2025. С. 92.

ДОДАТКИ

Фото. А. 1. Відскановані керни





ККАГ-38/9-3/13	H=24,1	D=33,9
ККАГ-38/9-3/14	H=25,1	D=24,3
ККАГ-38/9-3/15	H=24,3	D=30,1
ККАГ-38/9-3/16	H=22,2	D=22,7

ККАГ-38/9-3/9	H=21,0	D=25,1	ККАГ-38/9
ККАГ-38/9-3/10	H=24,1	D=29,9	ККАГ-38/9
ККАГ-38/9-3/11	H=21,3	D=26,6	ККАГ-38/9
ККАГ-38/9-3/12	H=22,6	D=27,3	ККАГ-38/9

ККАГ-38/9-3/5	H=26,1	D=41,9
ККАГ-38/9-3/6	H=24,1	D=35,8
ККАГ-38/9-3/7	H=23,1	D=37,8
ККАГ-38/9-3/8	H=22,1	D=34,4

ККАГ-38/9-3/1	H=22,1	D=28,9	ККАГ-38/9-3/5
ККАГ-38/9-3/2	H=24,6	D=33,4	ККАГ-38/9-3/6
ККАГ-38/9-3/3	H=23,1	D=35,4	ККАГ-38/9-3/7
ККАГ-38/9-3/4	H=24,9	D=30,8	ККАГ-38/9-3/8

ККАГ-50/18-2/17	H=18,1	D=19,9	ККАГ-38/9-3/17	H=21,7	D=26,6
ККАГ-50/18-2/18	H=18,4	D=21,2	ККАГ-38/9-3/18	H=21,4	D=30,9
ККАГ-50/18-2/19	H=17,9	D=21,3	ККАГ-38/9-3/18	H=20,1	D=35,1
ККАГ-50/18-2/20	H=17,4	D=19,1	ККАГ-38/9-3/20	H=25,7	D=42,3



Таблиця Б. Дослідні дані ТПП №1

ШИФР ПРОБНОЇ ПЛОЩІ № __1__

Область __Волинська__

Квартал __50__ Виділ __18__

Підприємство Камінь-Каширське
надлісництвоВид, площа і розміри проби: __кругова__
5.64м

Лісництво __Нуйнівське__

Дата таксації __15.08.2023__

ПЕРЕЛІК ДЕРЕВ

№ пп	Діаметр, см	№ пп	Діаметр, см	№ пп	Діаметр, см
	1		1		1
1.	13,2	23	18,3	45.	14,6
2.	14,5	24	17,2	46.	14,8
3.	14,3	25	19,6	47.	16,1
4.	14,9	26	20,4	48.	19,9
5.	18,5	27	12	49.	18,7
6.	15,7	28	14,8	50.	15,6
7.	17,6	29	11,6	51.	17,9
8.	14,3	30	11,6	52.	21,2
9.	19,6	31	17,8	53.	19,6
10.	14,6	32	15,8	54.	14,7
11.	17,2	33	14,5	55.	15,2
12.	17,5	34	13,8	56.	13,4
13.	17,3	35	11,6	57.	21,3
14.	17,9	36	17,9	58.	14,4
15.	17,5	37	17,2	59.	15,3
16.	16,8	38	13,6	60.	17,8
17.	13,5	39	19,3	61.	19,3
18.	12	40	21,5	62.	16,3
19.	17,3	41	14,6	63.	14,2
20.	19,3	42	17,9	64.	12,1
21.	18,9	43	19,7		
22.	16,2	44	11,8		

Заміри модельних дерев

№ зп	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$d_{жк}$, см	18,5	15,7	19,6	17,2	17,5	12,0	18,9	17,2	19,6	20,4
$\frac{1}{2}$ кори, см	0,8	0,7	0,9	0,8	0,8	0,4	0,8	0,8	0,9	0,9
h , м	17,4	17,1	18,3	17,6	17,1	14,3	16,3	17,0	17,9	17,4

№ зп	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
d , см	17,8	15,8	17,9	21,5	17,9	19,7	19,9	21,2	21,3	19,3
$\frac{1}{2}$ кори, см	1,5	1,6	2,2	1,4	2,0	1,4	1,5	1,8	1,9	2,9
h , м	17,4	16,1	17,4	17,9	16,1	18,4	18,1	18,4	17,9	17,4

Таблиця В. Дослідні дані ТПП №2

ШИФР ПРОБНОЇ ПЛОЩІ № 2 Область Волинська Квартал 38 Виділ 9 Підприємство Камінь-Каширське
 надлісництво Вид, площа і розміри проби: кругова
 12,62м Лісництво Нуйнівське Дата таксації 16.08.2023

ПЕРЕЛІК ДЕРЕВ

№ пп	Діаметр, см	№ пп	Діаметр, см	№ пп	Діаметр, см
	1		1		1
1.	28,9	23	30,9	45.	
2.	33,4	24	35,1	46.	
3.	35,4	25	42,3	47.	
4.	36,8	26		48.	
5.	19,1	27		49.	
6.	28,6	28		50.	
7.	41,9	29		51.	
8.	35,8	30		52.	
9.	37,8	31		53.	
10.	34,4	32		54.	
11.	25,1	33		55.	
12.	29,9	34		56.	
13.	28,9	35		57.	
14.	26,6	36		58.	
15.	27,3	37		59.	
16.	33,9	38		60.	
17.	21,3	39		61.	
18.	30,1	40		62.	
19.	22,7	41		63.	
20.	24,6	42		64.	
21.	28,6	43			
22.	26,6	44			

Заміри модельних дерев

№ зп	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$d_{жк}$, см	28,9	33,4	35,4	36,8	41,9	35,8	37,8	34,4	25,1	29,9
$\frac{1}{2}$ кори, см	1,7	2,2	2,2	2,5	2,9	2,3	2,3	2,0	1,4	1,9
h , м	22,1	24,6	23,1	24,9	26,1	24,1	23,1	22,1	21,0	24,1

№ зп	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
d , см	26,6	27,3	33,9	21,3	30,1	22,7	26,6	30,9	35,1	42,3
$\frac{1}{2}$ кори, см	1,5	1,6	2,2	1,4	2,0	1,4	1,5	1,8	1,9	2,9
h , м	21,3	22,6	24,1	25,1	24,3	22,8	21,7	21,4	20,1	25,7

Таблиця Г. Дослідні дані ТПП №3

ШИФР ПРОБНОЇ ПЛОЩІ № 3 Область Волинська Квартал 34 Виділ 17 Підприємство Камінь-Каширське
 надлісництво Вид, площа і розміри проби: кругова
 12,62м Лісництво Нуйнівське Дата таксації 17.08.2023

ПЕРЕЛІК ДЕРЕВ

№ пп	Діаметр, см	№ пп	Діаметр, см	№ пп	Діаметр, см
	1		1		1
1.	32,7	23		45.	
2.	27	24		46.	
3.	26,8	25		47.	
4.	27,7	26		48.	
5.	31,9	27		49.	
6.	27,5	28		50.	
7.	29,8	29		51.	
8.	28,5	30		52.	
9.	23,6	31		53.	
10.	31,2	32		54.	
11.	30,9	33		55.	
12.	30,2	34		56.	
13.	30,9	35		57.	
14.	28,3	36		58.	
15.	26	37		59.	
16.	28,1	38		60.	
17.	27,2	39		61.	
18.	24,9	40		62.	
19.	32	41		63.	
20.	27,1	42		64.	
21.	26,2	43			
22.	29	44			

Заміри модельних дерев

№ зп	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$d_{ук}$, см	32,7	27,0	26,8	27,7	31,9	27,5	29,8	31,2	30,9	30,2
$\frac{1}{2}$ кори, см	1,9	1,5	1,5	1,5	1,8	1,5	1,7	1,7	1,7	1,7
h , м	22,1	21,1	20,8	20,9	21,3	21,0	21,3	20,6	21,3	20,8

№ зп	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
d , см	30,9	28,3	26,0	28,1	24,9	32,0	27,1	26,2	29,0	
$\frac{1}{2}$ кори, см	1,8	1,6	1,4	1,6	1,4	1,9	1,5	1,5	1,6	
h , м	22,0	21,2	20,1	21,3	20,6	22,3	21,3	21,8	20,9	

Таблиця Д. Дослідні дані ТПП №4

ШИФР ПРОБНОЇ ПЛОЩІ № 4

Область __Волинська__

Квартал __34__ Виділ __14__

Підприємство Камінь-Каширське

Вид, площа і розміри проби: __кругова

надлісництво

12,62м

Лісництво __Нуйнівське__

Дата таксації __18.08.2023__

ПЕРЕЛІК ДЕРЕВ

№ пп	Діаметр, см	№ пп	Діаметр, см	№ пп	Діаметр, см
	1		1		1
1.	40,3	23		45.	
2.	43,4	24		46.	
3.	43,4	25		47.	
4.	41,5	26		48.	
5.	40,4	27		49.	
6.	40,5	28		50.	
7.	41,2	29		51.	
8.	43,9	30		52.	
9.	46,5	31		53.	
10.	39,6	32		54.	
11.	47,2	33		55.	
12.	45,2	34		56.	
13.	47,6	35		57.	
14.	43,2	36		58.	
15.	41,2	37		59.	
16.	36	38		60.	
17.		39		61.	
18.		40		62.	
19.		41		63.	
20.		42		64.	
21.		43			
22.		44			

Заміри модельних дерев

№ зп	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$d_{ук}$, см	40,3	43,4	43,4	41,5	40,4	40,5	41,2	43,9	46,5	39,6
$\frac{1}{2}$ кори, см	2,7	2,9	3,0	2,8	2,6	2,7	2,8	3,1	3,2	2,4
h , м	24,8	25,3	25,7	24,9	24,3	24,8	25,6	25,9	25,7	23,1

№ зп	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
d , см	47,2	45,2	47,6	43,2	41,2	36,0				
$\frac{1}{2}$ кори, см	3,3	3,2	3,2	2,7	2,6	2,3				
h , м	25,9	26,4	25,4	23,2	23,9	23,5				

