

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

ННІ лісового і садово-паркового господарства

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

В.о. завідувача кафедри
таксації лісу та лісового менеджменту

_____ МIRONIYUK B.B.
(підпис)

_____ 2026 р.

БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: «Радіальний приріст сосни звичайної в лісових насадженнях Камінь-
Каширського надлісництва філії «Поліський лісовий офіс»
ДП «Ліси України»»

Спеціальність 205 – Лісове господарство
(код і назва)

Гарант освітньої програми

кандидат с.-г. наук, доцент
_____ (науковий ступінь та вчене звання)

_____ (підпис)

Пузріна Н.В.
_____ (ПІБ)

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи

доктор с.-г. наук, професор
_____ (науковий ступінь та вчене звання)

_____ (підпис)

МIRONIYUK B.B.
_____ (ПІБ)

Виконала

_____ (підпис)

ЦЬОМАХ М.О.
_____ (ПІБ)

КИЇВ – 2026

**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, проф. _____ МIRONЮК В.В.

_____ 20____ р.

ЗАВДАННЯ

на виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи студенту

Цьомах Маргариті Олександрівні

Спеціальність 205 Лісове господарство

Тема бакалаврської кваліфікаційної роботи «Радіальний приріст сосни звичайної в лісових насадженнях Камінь-Каширського надлісництва філії «Поліський лісовий офіс» ДП «Ліси України», затверджена наказом ректора НУБіП України від « 21.11.2025 р. № 2856 «С».

Термін подання завершеної роботи на кафедру 01.06.2026 р.

Вихідні дані до бакалаврської кваліфікаційної роботи: дані тимчасових пробних площ та відібраних зразків деревини (кernів) з модельних дерев сосни звичайної; проєкт організації та розвитку надлісництва.

Перелік питань, які потрібно розробити:

1. Огляд літературних джерел, що питання дослідження радіального приросту дерев.
2. Опис методики виконання дослідження.
3. Вплив лісорослинних і кліматичних показників на динаміку радіального приросту дерев сосни в різних лісорослинних умовах.

Дата видачі завдання: 01 листопада 2025 р.

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи

(підпис)

МIRONЮК В.В.
(прізвище та ініціали)

Завдання прийняла до виконання

(підпис)

Цьомах М.О.
(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	8
РОЗДІЛ 2. ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА ТА МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	23
2.1. Місцезнаходження та організаційна структура надлісництва	23
2.2. Природно-кліматичні умови регіону дослідження	24
2.3. Таксаційна характеристика насаджень підприємства	27
2.4. Методика збору дослідних даних	32
2.5. Характеристика дослідних даних	35
2.6. Методика обробки дослідних даних	36
РОЗДІЛ 3. ВПЛИВ КЛІМАТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ НА РАДІАЛЬНИЙ ПРИРІСТ СОСНОВИХ НАСАДЖЕНЬ	42
3.1. Вплив кліматичних показників на ріст та розвиток насаджень	42
3.2. Методологічне обґрунтування застосування індексу RWI	44
3.3. Аналіз хронології умов A_2 (бір)	47
3.4. Аналіз хронології умов B_2 (суббір)	49
3.5. Динаміка річного приросту за площею перерізу дерев	50
ВИСНОВКИ	53
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	54
ДОДАТКИ	58

РЕФЕРАТ

Бакалаврська робота викладена на 70 сторінках друкованого тексту, містить 3 розділи, 19 ілюстрацій, 5 таблиць, 4 додатки і 30 джерел у списку літератури.

У першому розділі представлений огляд літературних джерел згідно теми кваліфікаційної роботи. В розділі наведено огляд актуальних наукових публікацій.

У другому розділі наведено методику збору, підготовки та обробки дослідного матеріалу, що використовується для аналізу радіального приросту сосни звичайної. Дослідження проводились у Камінь-Каширському надлісництві філії «Поліський лісовий офіс» ДП «Ліси України», яке розташоване в межах Західного Полісся та характеризується переважанням соснових насаджень.

Для аналізу було закладено дві тимчасові пробні площі у різних типах лісорослинних умов A_2 та B_2 , з яких відібрано керни з модельних дерев. Відбір зразків здійснювався за стандартною лісотаксаційною методикою із використанням вікового бура Naglöf на висоті 1,3 м. Отримані керни маркувалися, транспортувалися та готувалися до лабораторного аналізу шляхом шліфування та сканування високої роздільної здатності.

Датування річних кілець виконувалося із застосуванням програмного забезпечення ImageJ, що дозволило підвищити точність і зручність вимірювання. Подальша обробка даних здійснювалася у середовищі R із використанням пакету dplR, який є стандартним інструментом дендрохронологічних досліджень. Проведено детрендинг часових рядів ширини кілець для усунення вікового тренду та виділення кліматичного сигналу. На основі цього сформовано стандартизовані індекси приросту (RWI), які дозволили порівнювати дерева різного віку та діаметра.

У третьому розділі представлені результати дослідження динаміки радіального приросту сосни звичайної. Основну увагу приділено аналізу індексу RWI як нормалізованого показника росту. Встановлено, що використання RWI

дозволяє чітко виявити міжрічні коливання приросту та синхронність реакції дерев на зовнішні фактори.

Побудовані хронології для умов A_2 та B_2 показали наявність спільного кліматичного сигналу, що свідчить про значний вплив температурних режимів та кількості опадів на ріст сосни. Виявлено періоди зниженого та підвищеного приросту, які корелюють із екстремальними погодними умовами. Загалом підтверджено, що радіальний приріст є чутливим індикатором змін навколишнього середовища та може ефективно використовуватись для оцінки стану лісових екосистем.

Ключові слова: прирісний керн, RWI, лісорослинні умови, денрохронологія.

ВСТУП

Актуальність теми. Дерево як живий організм постійно реагує на зміни умов зовнішнього середовища, що безпосередньо відображається на величині його радіального приросту. Радіальний приріст є одним із найважливіших показників росту дерев, оскільки характеризує інтенсивність накопичення деревини, відображає фізіологічний стан рослин та їхню реакцію на кліматичні, ґрунтові й антропогенні чинники. Дослідження радіального приросту дозволяє більш досконало зрозуміти реакцію деревних рослин на зміну умов росту під впливом природних і антропогенних чинників, що є основою для підвищення продуктивності лісів лісівничими методами. Крім цього, динаміка радіального приросту дає змогу відслідкувати багаторічний ріст в умовах змін клімату. Це поглиблює наші знання щодо того, як лісові насадження реагують на довготривалу зміну умов росту. Отже, тема бакалаврської роботи є актуальною, особливо в контексті сучасних кліматичних викликів.

Мета – дослідження особливостей радіального приросту сосни звичайної у соснових деревостанах у різних лісорослинних умовах та встановлення впливу екологічних факторів на інтенсивність її росту у Камінь-Каширському надлісництві філії «Поліський лісовий офіс» ДП «Ліси України».

Завдання бакалаврської роботи:

- провести аналіз літературних джерел щодо предмета дослідження;
- описати методику виконання дослідження;
- дослідити динаміку радіальних приростів у різних лісорослинних умовах;
- встановити вплив екологічних факторів на ріст та розвиток соснових насаджень.

Методи дослідження. В бакалаврській роботі використовували загальнонаукові методи пізнання (аналіз, синтез, узагальнення), які дозволили підготувати огляд літературних джерел за темою роботи. Для збору дослідних даних використано лісотаксаційні підходи, побудовані на закладанні пробних

площ без рубки модельних дерев. Для обробки даних використовували методи математичної статистики та математичне моделювання. Також у роботі використовувати спеціальні методи дендрохронологічних досліджень.

Для встановлення ширини річних кілець, зразки деревини були відскановані за допомогою сканера Canon. Для покращення якості зображення, скановані зразки піддавалися редагуванню яскравості та контрастності. Датування річних кілець виконано за допомогою програмного забезпечення *ImageJ* із встановленим плагіном *ObjectJ*. Статистичний аналіз і обробка даних проводилися в табличному процесорі *MS Excel*.

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

Предмет дослідження – радіальний приріст стовбурів дерев сосни звичайної.

Практична цінність отриманих результатів досліджень. Отримані результати дозволяють оцінити вплив на ріст та розвиток кліматичних факторів та враховувати дані результати при плануванні обсягів лісокористування.

Структура та обсяг роботи. Бакалаврська кваліфікаційна робота виконана на 70 сторінках друкованого тексту та складається з: вступу, 3 розділів, висновків, списку літературних джерел. У роботі наведено 19 рисунків, 5 таблиць, та 4 додатків.

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

Дослідження радіального приросту сосни звичайної має важливе значення для оцінки продуктивності деревостанів, встановлення закономірностей їх росту в різних лісорослинних умовах та визначення впливу екологічних факторів на формування деревини. Аналіз річних шарів дозволяє простежити динаміку росту впродовж тривалого часу, виявити періоди пригнічення або посилення ростових процесів та встановити причини цих змін.

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю поглибленого вивчення особливостей росту соснових насаджень у різних лісорослинних умовах, що є основою для розроблення науково обґрунтованих рекомендацій, щодо ведення лісового господарства. Аналіз радіального приросту дає змогу оцінити стан насаджень, їхню стійкість та потенційну продуктивність.

Вивчення радіального приросту окремих дерев і деревостанів здійснюється дендрохронологічним методом, який набув широкого застосування у США, Європі, країнах Балтії. В Україні дендрохронологічні дослідження активно проводяться з 50-х років ХХ століття, а у 90-х роках вони були проведені у лісових масивах усіх природних зон. Проблему впливу зовнішніх екологічних чинників на динаміку радіального приросту багаторічної деревної рослинності детально вивчали багато дендрохронологів, зокрема Т. Т. Бітвінскас, Н. С. Fritts, Н. В. Ловеліус та ін. Пізніше, вже з нових позицій, залежність величини радіального приросту зокрема, ширини ранньої та пізньої деревини і рослинної продукції, від факторів зовнішнього впливу попереднього року були досліджені Є. А. Вагановим. Узагальнюючи результати зазначених досліджень, можна зробити наступний висновок – радіальний приріст деревини досить мінливий за роками і залежить від багатьох як зовнішніх, так і внутрішніх факторів. Однак оцінка природного внеску факторів навколишнього природного середовища і їх впливу на формування приросту деревостанів вимагає подальшого дослідження [24].

Приріст дерев залежить від різних факторів. Досліджено, що на радіальний приріст мають вплив кількості 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 [4].

При порівнянні реакції радіального приросту до змін клімату в Поліссі та Лісостепу виявлено, що для 1960–1988 рр. знайдено позитивний вплив зимових і ранньовесняних температур на радіальний приріст дуба у Поліссі та Лісостепу. У 1989-2013 рр. – навпаки, значне підвищення зимових і ранньовесняних температур спричинило зменшення радіального приросту. У другому періоді дубові насадження Полісся більше потерпали від теплих зим, ніж насадження Лісостепу.

Негативний вплив посух вегетаційного періоду на приріст посилюється у другому періоді для обох регіонів. Упродовж другого періоду опади значною мірою втратили позитивний вплив на приріст у насадженнях як Полісся, так і Лісостепу. У надзвичайно вологих умовах Полісся опади за періоди від серпня–березня до серпня–вересня негативно впливають на радіальний приріст дуба. Зі зменшенням ступеня зволоження ділянок цей період скорочується [4].

Стан лісових насаджень як у просторовому, так і в часовому аспектах характеризує такий інтегральний показник, як радіальний приріст дерев різних порід у притаманних для них умовах місцезростання. Загальновідомо, що деревина в процесі росту фіксує інформацію про зміни стану довкілля, а значення радіального приросту, безпосередньо, характеризують інтенсивність зростання дерева за діаметром. Динаміка анатомічної структури річних шарів дерев, їх хімічного складу відображає багаторічні процеси, що відбуваються в природних ценозах: результати внутрішньовидової конкуренції між деревами та

вплив на лісові екосистеми таких заходів як рубки, меліорація, атмосферне забруднення тощо. Так, серйозні зміни у темпах, термінах та динаміці приростів дерев спостерігаються за певних змін клімату (при збільшенні температури повітря, тривалому зменшенні кількості річних атмосферних опадів і середньорічної відносної вологості повітря).

Дослідження впливу пожеж на зміни радіального приросту наведеному праці «Пірогенна трансформація сосняків України», автори Ворон В.П. та ін. наведено оцінювання змін радіального приросту сосняків Полісся у 70-річному чистому сосняку Рокитнівського лісництва, що пошкоджений пожежею в травні 2013 р. У пошкоджених соснових насадженнях річний радіальний приріст дерев після пожежі (2012–2016 рр.), у порівнянні з періодом до пожежі (2007–2011 рр.), зменшився на 55 %. Водночас на контролі приріст зменшився лише на 10 % [2]

У статті «Радіальний приріст сосни звичайної у насадженнях Житомирського Полісся, в яких рубки догляду за лісом не проводять з часу аварії на ЧАЕС» [13] 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.

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» [12].

У ході проведення дослідження було визначено, що основними факторами, що впливають на обмеження радіального приросту дерев сосни звичайної в насадженнях ВП НУБіП України Боярська ЛДС можна вважати зміну кліматичних показників, а саме наявності екстремумів мінімумів та максимумів температурного режиму. Особливо такий сигнал прослідковується за наявності вказаних негативних факторів під час вегетаційного періоду. Одним з основних

факторів які регулюють процес росту також можна вважати кількість опадів, який в останній час характеризується нетиповими по відношенню до норми показниками отримуваних опадів в насадження. Дослідні дані свідчать, що реакція радіального приросту дерев сосни звичайної в насадженнях ВП НУБіП України «Боярська лісова дослідна станція» залежить від зміни температурних режимів та кількості опадів [24].

Аналіз наявних літературних джерел свідчить, що відомостей про мінливість радіального приросту основних видів деревних рослин у відповідь на дію природнокліматичних факторів в різних природних зонах України явно недостатньо.

Так, Адрєєва О. Ю. [1] відзначає, що після суцільної санітарної рубки, проведеної у 2013 році в осередку короїдів, упродовж 2014–2017 рр. у порівнянні з 2005–2012 рр. радіальний приріст сосни збільшився на 20 % і 17 % на найбільш освітлених та менш освітлених межі зі зрубом відповідно, а у лісі – лише на 3 %. Після 2017 року на освітлених ділянках тренд радіального приросту сосни почав стрімко зменшуватися на відміну від контролю, де відмічено стабілізацію приросту. Мінімальний радіальний приріст сосни звичайної виявлено у 2008, 2010–2011 та 2013 рр., а максимальний – у 2007, 2009, 2012 та 2014 рр. Встановлено значущі реперні роки мінімального приросту, коли величини річних кілець поступалися відповідним величинам попереднього року на 25 %: 2008 р. для більш освітленої південно-східної сторони зрубу та лісу і 2013 р. для більш освітленої південно-східної сторони зруба.

У роботі «Методика оцінки динаміки радіального приросту дубових деревостанів в умовах атмосферного забруднення» Мазепа В. Г. представив підхід до вивчення закономірностей зміни приросту дуба звичайного (*Quercus robur* L.) у лісових екосистемах, що зазнають впливу промислових поллютантів [12]. Автором розроблено методику оцінювання динаміки приросту, яка базується на дендрохронологічному аналізі та використанні ряду статистичних показників для визначення інтенсивності і тривалості впливу забруднення на деревостан. Дослідження показало, що атмосферне забруднення

призводить до зниження інтенсивності приросту дуба, збільшення варіабельності ширини річних кілець і сповільнення процесів відновлення після стресових періодів. Автором виявлено, що найбільш чутливими до антропогенного навантаження є середньовікові та пристигаючі деревостани. Запропонована методика дозволяє кількісно оцінити вплив забруднення на динаміку радіального приросту й може бути використана для моніторингу екологічного стану лісів у зонах техногенного впливу.

Ідентифікація чинників, які впливають на радіальний приріст стовбурів дерев сосни звичайної полягає в аналізі даних щодо регіональних змін клімату, як однієї з основних імовірних причин втрати продуктивності соснових деревостанів.

Досліджено вплив рекреації на радіальний приріст дуба звичайного в насадженнях Лівобережного Лісостепу. Об'єкти досліджень – порослеві стиглі насадження дуба звичайного з різним рекреаційним навантаженням. Співставлення наявних погодних даних за 1952–2002 рр. та радіального приросту дуба, свідчить про те, що формування вузьких річних кілець відбулося під впливом посух упродовж низки років. Низькі температури також викликали депресії приросту [6].

Ідентифікація чинників, які впливають на радіальний приріст стовбурів дерев сосни звичайної полягає в аналізі даних щодо регіональних змін клімату, як однієї з основних імовірних причин втрати продуктивності соснових деревостанів. Також проведення ретроспективного аналізу для встановлення ступеню та механізму впливу зміни кліматичних показників, а також для проведення ідентифікації стійкості сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) у перспективі [4].

У дослідженнях Левченка В. Б. [9] встановлено, що у віці 130–190 років сосна звичайна в лісорослинних умовах А₁₋₂ Селезівського ПНДВ Поліського природного заповідника значно перевищує в прирості болотну форму сосни звичайної Перганського ПНДВ за діаметром стовбура на 11–41 %, протяжністю та діаметром крони на 19–64 %. Визначено, що величина радіального приросту

у червонопильникової сосни звичайної у віці 150–170 років значно нижча (на 24 %), ніж у жовтопильникової. Встановлено, що в молодому віці (40–60 років) у дерев сосни звичайної з червоним кольором пиляків відзначається вища камбіальна активність, ніж у дерев з жовтим кольором. При цьому у віці 150–160 років середня величина річного приросту сосни звичайної (зокрема болотної форми) в умовах Селезівського ПНДВ нижча, ніж у звичайної форми сосни в 1,9–2,6 рази. Проведені авторами дослідження дозволили встановити, що динамічна тенденція слабого росту у болотної форми сосни звичайної спостерігається і в часових рядах. Збіги ж максимальних та мінімальних значень дендрологічного приросту, висока амплітуда індексу приросту різних форм сосни та синхронність у коливаннях відносних значень радіального приросту, вказує на подібність їх біологічних реакцій у стресових умовах, а саме: вплив погодно-кліматичних факторів, лісопатологічного стану, лісових пожеж та постпірогенез.

Крім цього в різних форм сосни звичайної було виявлено низькі та високі рівні «індексу стресу», що вказує на різну адаптивну здатність форм сосни звичайної в умовах постійного надмірного зволоження ґрунтів та часткового їх пересихання в літній період.

Під час оцінювання впливу різних факторів на лісові екосистеми найбільш достовірним інформативним показником змін, що відбуваються в стані деревостанів, є радіальний приріст дерев, а режим його коливання є визначальною ознакою для виявлення циклічності коливань природних процесів, масштабів антропогенних впливів і ступенів стійкості деревних рослин [9].

Радіальний приріст деревини сосни природного походження на дослідних об'єктах коливається в межах від 1,4 до 3,6 мм на рік. Найбільший інтенсивний ріст дерев сосни спостерігається у віці від 10 до 20 років. Після 20 років інтенсивність росту сосни по діаметру знижується, що, можливо, пов'язано з посиленням конкуренції дерев щодо елементів живлення та вологості. В умовах Житомирського Полісся продуктивність деревостанів сосни звичайної природного походження визначається складом зформованого насадження. У

суборах максимальна продуктивність деревостанів досягається в березово-соснових насадженнях з участю сосни звичайної у кількості 7-8 одиниць.

В Поліссі радіальний приріст обмежують переважно температури холодного періоду (від попереднього грудня до березня), на відміну від Лісостепу, де визначено значний вплив температур на приріст протягом вегетаційного періоду (квітень-серпень), про що свідчать зворотні зв'язки між індексами приросту та наведеним чинником [11].

У статті досліджено особливості формування радіального приросту сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) у насадженнях Волинського Полісся з урахуванням впливу кліматичних показників. Метою дослідження було визначення сезонної структури кліматичної чутливості радіального приросту сосни звичайної та встановлення ключових кліматичних чинників, що зумовлюють міжрічну мінливість ширини річних кілець. Аналіз базувався на рядах ширини річних кілець, отриманих на дев'яти тимчасових пробних площах. Для усунення вікових тенденцій росту застосовано детрендінг з переходом до індексів радіального приросту. Оцінювання зв'язків між динамікою радіального приросту та кліматичними показниками виконано за допомогою кореляційного аналізу з використанням місячних значень температури повітря та атмосферних опадів поточного і попереднього років. У результаті дослідження встановлено, що радіальний приріст сосни звичайної найбільш чутливо реагує на температурні умови зимово-ранньовесняного періоду поточного року, зокрема у лютому-березні. Виявлено також виражені лагові ефекти клімату: кількість опадів у липні-серпні попереднього року позитивно впливає на приріст у наступному році. Результати аналізу підтвердили суттєвий вплив зазначених кліматичних чинників у формуванні міжрічної мінливості приросту. Відсутність істотних просторових випадкових ефектів свідчить про узгодженість кліматичного сигналу в межах досліджуваної території. Отримані результати розширюють уявлення про сезонну структуру кліматичної чутливості соснових насаджень Волинського Полісся та можуть бути використані для оцінки стійкості лісових

екосистем і розроблення адаптивних підходів до ведення лісового господарства в умовах сучасних кліматичних змін [11].

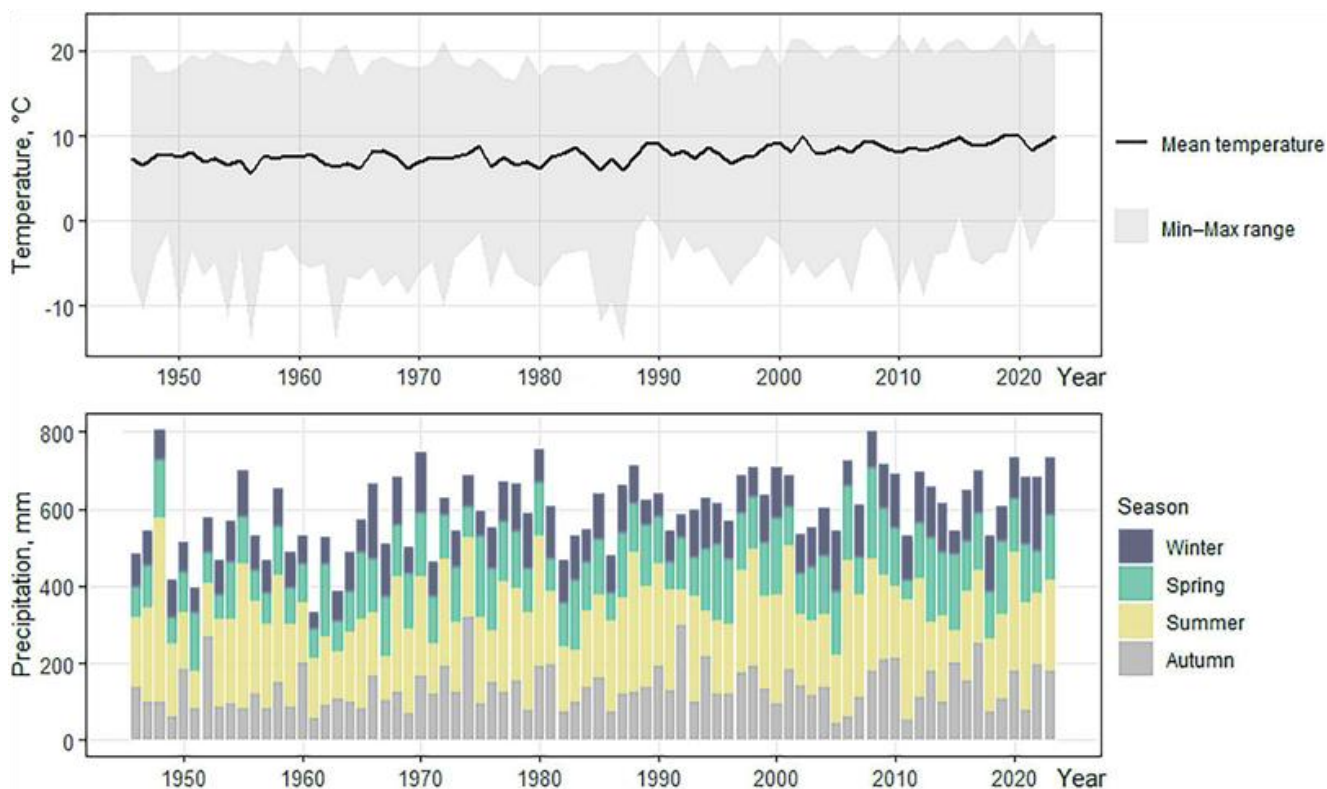


Рис. 1.1. Довгострокові характеристики кліматичних змінних у досліджуваній області (1946-2023) [11]

Статистичний аналіз дослідних даних засвідчив, що мінливість радіального приросту з віком зменшується, а його величина знаходиться в межах від 0,99 до 2,78 мм. Середнє значення радіального приросту у досліджуваному масиві даних становить 1,79 мм. Середня кількість річних кілець дерев сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) становить 80: мінімальна 61, максимальна 92. Проведений кореляційний аналіз дослідних даних засвідчив, що парні коефіцієнти кореляції радіального приросту (-0,54) та поточного приросту за діаметром (-0,53) з віком дерев мають обернений, а діаметра з віком – прямий зв'язок (0,87) [10].

Дані про величину радіального приросту стовбурів дерев мають важливе значення для аналізу сприятливих і несприятливих періодів його росту. Радіальний приріст дерев варіює залежно від факторів зовнішнього середовища, а за його багаторічною динамікою в ретроспективі можна більше зрозуміти про

вплив кліматичних змін на ріст і продуктивність лісових насаджень. Радіальний приріст тісно пов'язаний з кліматичними умовами, а відслідковування змін радіального приросту дозволяє зрозуміти як дерева реагують на зміни клімату, що важливо для збереження та відновлення лісів [14].

Радіальний приріст сосни звичайної у лісових культурах на територіях, де здійснюють належні лісогосподарські заходи (ДП "Малинське ЛГ"), та де була заборонено лісогосподарську діяльність внаслідок значних рівнів радіоактивного забруднення території (ДП "Народицьке СЛГ"). Розраховано основні статистичні параметри деревно-кільцевих хронологій для визначення стану насаджень. Встановлено, що для середніх величин радіального приросту насаджень на пробних площах існує достовірна різниця значень ($F_{\text{факт.}}=15,69 > F_{(1;174;0,95)}=3,90$). Так, максимальна ширина річного кільця у свіжих борах ДП "Малинське ЛГ" досягає в середньому 4,21 мм, а середня ширина кілець становить близько 1,50 мм; тоді як у ДП "Народицьке СЛГ" ці показники становлять 2,52 та 1,16 мм відповідно. Максимальну достовірну різницю в характері розвитку насаджень фіксують з 1930 по 1982 рр. ($F_{\text{факт.}}=20,02 > F_{(1;106;0,95)}=3,93$). З 1983 р. абсолютні прирости насаджень на обох досліджуваних підприємствах мають практично однакові значення та достовірно не відрізняються між собою ($F_{\text{факт.}}=1,00 > F_{(1;68;0,95)}=3,99$) [13].

Порівняльний аналіз внутрішньорічної динаміки радіального росту хвойних порід – модрина (*Larix principis-rupprechtii*) та ялини (*Picea meyeri*) у субальпійській зоні північно-центрального Китаю (за період 2018–2022 рр.) дозволив виявити специфіку їхнього відгуку на екологічні чинники. За допомогою високоточних точкових дендрометрів встановлено фенологічні розбіжності: у модрина початок радіального росту, настання максимуму його швидкості та завершення вегетації відбувалися відповідно на 7, 6 та 4 дні пізніше, ніж у ялини. Водночас показники максимальної швидкості та загального річного приросту були значно вищими у модрина. Дослідження підтвердило, що температура ґрунту є ефективнішим індикатором радіального росту хвойних дерев, ніж температура повітря. Зокрема, виявлено температурні пороги

відновлення камбіальної активності: для модрина середньодобова температура ґрунту має становити 3,0 °С, тоді як для ялини достатньо 2,0 °С. Крім того, встановлено відмінності в лімітуючих факторах: на пікову швидкість росту модрина через дефіцит тиску водяної пари опосередковано впливала температура повітря, тоді як для ялини визначальним чинником виявився вміст продуктивної вологи в ґрунті [27].

Дослідження показує, що як вологі, так і сухі сезони є ключовими періодами для радіального росту в північних тропічних карстових лісах, причому вологий сезон відіграє більш помітну роль. Хоча більшість видів дерев не демонструють значних відмінностей у радіальному зростанні протягом одного сезону, мінливість росту значною мірою зумовлена випадковим впливом певних видів, особливо протягом вологого сезону. Дослідження підтверджує важливість клімату в стимулюванні сезонного радіального росту, але несподівано виявляє, що фактори спільноти відіграють таку ж або навіть більш значну роль у цьому процесі. Цей конкретний висновок свідчить про те, що вплив зміни клімату на лісові екосистеми може бути менш серйозним, ніж очікувалося, оскільки фактори спільноти можуть пом'якшувати його, особливо за неоптимальних гідротермальних умов. Розуміння впливу сезонної динаміки, кліматичних факторів та структури спільноти має вирішальне значення для управління екосистемами тропічних лісів та оцінки їхніх функцій поглинання вуглецю [30].

Дослідження радіального приросту липи дрібнолистої (*Tilia cordata* Mill.) в умовах антропогенного навантаження та кліматичних змін у лісових біотопах м. Києва дозволили встановити її високу чутливість до гідротермічних чинників. Експериментально доведено, що в період 1977 – 2015 рр. лімітуючим фактором для росту *T. cordata* виступав дефіцит опадів, причому їхній позитивний вплив був значущим у проміжку від грудня попереднього року до травня поточного року. Натомість підвищення температури повітря у березні–травні попереднього вегетаційного періоду чинило негативний вплив на камбіальну активність. Середній радіальний приріст досліджених дерев (віком від 70 до 300 років)

становив $2,11 \pm 0,936$ мм/рік, варіюючи від 0,95 мм/рік у перестійних насадженнях до 3,34 мм/рік у молодих дерев на відкритому просторі [19].

Радіальні прирости модельних дерев і деревостанів, амплітуда коливань приростів та цикли приростів дають підстави стверджувати, що рекреаційне лісокористування на сьогодні не має істотного впливу на стан деревостанів рекреаційно-оздоровчих лісів Придністровського Передкарпаття. Деревостани умовно непорушені, належать до категорії "нормального росту та розвитку" [19].

Радіальний приріст у міру посилення рекреаційного навантаження зменшується. Чітко простежується вплив рекреації на коефіцієнт мінливості радіального приросту [5].

Щорічний радіальний приріст соснових деревостанів на піщаних ґрунтах на водно-льодовикових відкладах змінюється у широких межах: 1,19–3,94 мм. Стандартне відхилення та коефіцієнт варіації середньої ширини річних кілець свідчать, що у свіжих борах не формуються стійкі, внутрішньо збалансовані деревостани, а у свіжих суборах деревостани організовуються в єдину фітосистему лише після 60-ти років [3].

Рибалка І. О., Вергелес Ю. І., Коваль І. М. у своїй науковій статті «Вплив омели білої (*Viscum album* L.) на динаміку радіального приросту клена сріблястого (*Acer saccharinum* L.) у лісостеповій зоні України» [26] вивчали насадження клена з різними ступенями ураження омелою (від 0 до 6, де 0 – це здорові дерева). Для дослідження радіального приросту були взяті зразки деревини (керни) за допомогою бура Преслера. Здавалося б, що після ураження дерева паразитом радіальний приріст повинен зменшитися. Проте середнє значення досліджуваного параметра насправді зростає з підвищенням ступеня ураження дерев омелою [23].

Стандартне відхилення для здорових рослин становить 0,90, а для дерев, уражених омелою, коливається від 1,62 до 2,30. Це дозволяє зробити висновок, що різниця між здоровими і хворими кленами є статистично значущою [23].

Розрахований коефіцієнт кореляції між індексами радіального приросту та кліматичними показниками показав, що чутливість дерев до зовнішніх факторів

збільшується, коли вони уражені омелою. Проте чіткі закономірності щодо чутливості радіального приросту дерев з різним відсотком ураження омелою до змін клімату не були виявлені [23].

У статті «Радіальний приріст дуба звичайного та ясена звичайного як індикатор стану лісових екосистем в умовах Новоград-Волинського фізикогеографічного району» автори Коваль І. М., Бологов О. В. та Нусбаум С. А. аналізують, як швидкість росту дубів і ясеня може показувати стан лісів у цьому регіоні.

Юзвінський Г. А. вивчав, як радіальний ріст дуба (*Quercus robur* L.) і ясена (*Fraxinus excelsior* L.) залежить від кліматичних умов і впливу людини в регіонах з різним рівнем техногенного навантаження [7]. Автори вивчили ліси, які постраждали від пожеж різної сили, і порівняли їх з контрольними ділянками. За даними дендрохронологічного аналізу, відразу після пожежі спостерігалось різке зменшення приросту – до 40–60 % у перші роки після ушкодження. Але вже через 4–6 років у більшості дерев починалося поступове відновлення росту. Встановлено, що інтенсивність ростової депресії безпосередньо залежала від того, наскільки сильно була пошкоджена кора та камбій. У дерев, які мали незначні термічні ушкодження, відновлення росту відбувалося швидше, а в сильно пошкоджених дерев спостерігалось тривале зниження росту. Автори також зазначили, що кліматичні умови після пожежі, особливо кількість дощів під час вегетаційного періоду, були дуже важливими для швидкості відновлення активності камбію.

Дослідження показало, що радіальний ріст дерев є корисним показником того, як соснові ліси реагують на різні природні чинники, і його можна використовувати для оцінки стійкості лісів після впливу вогню.

Дослідження радіального приросту 35 модельних дерев виду *Q. robur* парку «Феофанія» дало змогу визначити їхній точний вік (181–220 років) і розрахувати вік дерев із неповним чи пошкодженим керном (156–274 роки). Середній річний приріст вікового дубового деревостану парку $-1,94 \pm 0,848$ мм/рік за відносної мінливості 0,209 мм ширини кільця. Рівняння регресії за співвід-

ношенням віку та діаметра без кори (2,10 р./см) дало можливість розрахувати вік дубів лісового масиву «Феофанія» із найбільшим діаметром, але з ушкодженням стовбуром. Найстарішим виявилось дерево (300 ± 18 років) з діаметром 149 см, а отже, 300-річними слід вважати дуби, в яких діаметр близько 140 см. Похибка встановленого віку значною мірою пов'язана з ексцентричністю серцевини стовбура [15].

Встановлено, що відносно не високі значення коефіцієнта чутливості радіального приросту сосни звичайної вказують на реакцію у відповідь дерев на стресові погоднокліматичні умови Поліського природного заповідника. Досліджено, що коливання температури повітря і кількості опадів попереднього та поточного року не вносять значний внесок у формування величини радіального приросту сосни звичайної в лісорослинних умовах Поліського природного заповідника. Встановлені достовірні позитивні зв'язки раннього та пізнього приросту сосни звичайної (у відносних індексах) із середньомісячною температурою повітря серпня та кількістю опадів в березні – травні. Доведено, що вплив метеорологічних параметрів на формування радіального приросту сосни звичайної є неоднорідним, проте кліматичні параметри - (температура повітря та кількість опадів), визначають багаторічну динаміку камбіального приросту сосни звичайної, що на сьогоднішній день є перспективою для подальших досліджень [8].

У статті представлені результати дослідження особливостей реакції *Pinus sylvestris* L. на приріст висоти та діаметра молодого соснового лісу Лівобережного Лісостепу України під впливом поверхневої пожежі, що сталася у травні 2011 року. Використовувалися методи лісової таксації, порівняльної екології, стандартні дендрохронологічні методи. Реакція дерев була різною за висотою та радіальним приростом у рік пожежі (2011). Радіальний приріст у рік пожежі знизився; водночас висота дерев демонструвала позитивну тенденцію зростання на тлі сприятливих погодних умов. Приріст у висоту був більш пластичним і завершив своє відновлення до певного рівня у 2014 році, на відміну від радіального приросту, який відновився лише у 2016 році. Залежності між

радіальним приростом, з одного боку, та санітарним станом насадження та висотою обвуглення кори, з іншого, апроксимовані квадратичними та кубічними рівняннями регресії. Динаміка росту сосни також залежить від кліматичних факторів [2].

Щорічний радіальний приріст соснових деревостанів на піщаних ґрунтах на моренних відкладах варіює у межах 1,08–3,07 мм. У свіжих борах на моренних відкладах у дерев віком близько 60-ти років стандартне відхилення та коефіцієнт варіації радіального приросту зменшуються. Це свідчить про утворення організованої системи, здатної до опору випадковим впливам. У свіжих суборах на морені єдина система формується в середньовікових деревостанах, а максимальну стійкість до несприятливих чинників середовища вона набуває після 60-річного віку [28].

У науковій статті «Особливості радіального приросту фенологічних форм дуба звичайного (*Quercus robur* L.) у західному Лісостепу України» автори Новак А. А., Копій С. Л., Агій В. О. вивчили, як відрізняється ріст ранніх і пізніх форм дуба звичайного. Дослідження проводилися за допомогою звичайних дендрохронологічних і статистичних методів, що дало можливість точно оцінити змінність радіального приросту в різних кліматичних умовах [16].

Автори виявили, що пізня форма дуба має певну перевагу в ріст, який в середньому становить 1,92 мм на рік, тоді як рання форма – 1,83 мм на рік. Обидві фенологічні форми мають слабку чутливість до змін зовнішніх умов: коефіцієнт чутливості для обох груп становить 0,07. Аналіз щорічних коефіцієнтів показав, що пізня форма дуба реагує стабільніше на кліматичні зміни, в той час як рання форма є більш вразливою до посух та перепадів температури [12].

Дослідження показало, що існують стійкі зв'язки між обома фенологічними формами, що свідчить про подібні механізми їхнього росту. Невеликі статистичні відмінності між ними вказують на те, що їхня реакція на зовнішні чинники дуже схожа. Це також свідчить про спільні властивості адаптації виду *Quercus robur* у досліджуваному регіоні [12].

Покращення нашого розуміння динаміки росту дерев вздовж градієнтів висоти може допомогти нам передбачити їхній потенціал для зберігання вуглецю та їхню вразливість до змін локальних та глобальних умов навколишнього середовища, таких як вирубка лісів та зміна клімату. Це дослідження є оглядом та аналізом результатів, отриманих у нещодавніх дендрохронологічних дослідженнях впливу висоти та клімату (температури та опадів) на радіальний ріст дерев у помірних зонах, переважно у Північній півкулі. Лише 18 (32,1%) з 56 проаналізованих досліджень виявили кореляцію між радіальним ростом дерев (загальна хронологія) та висотою. Аналіз 56 хронологій 46 видів дерев, включених до 110 розглянутих робіт, показав, що лише у 28,2% з них кореляція між радіальним ростом та температурою та опадами була значущою: позитивна у 3,6%, негативна у 2,7%, та позитивна та негативна у 21,8%, залежно від пори року. Значна варіабельність реакції радіального росту дерев на градієнти висоти може бути пов'язана з багатьма факторами навколишнього середовища на місцевому або регіональному рівні, а також з різними методами відбору проб, що використовувалися в дослідженнях. Однак помірна частка проаналізованих досліджень (близько 30%) показує, що температура та кількість опадів пов'язані з тенденціями радіального росту в різних діапазонах висот та регіонах світу [29].

Висновки до 1 розділу. Проведений літературний аналіз свідчить, що радіальний приріст є своєрідним індикатором реакції росту дерев на фактори зовнішнього середовища та антропогенного впливу. Розуміння того, як дерева реагують на зміни умов дозволяє вживати своєчасних заходів для підвищення стійкості лісових насаджень несприятливих факторів.

РОЗДІЛ 2. ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА ТА МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Місцезнаходження та організаційна структура надлісництва

Камінь-Каширське надлісництво філії «Поліський лісовий офіс» ДП «Ліси України» розташоване в північно-західній частині Волинської області на території Камінь-Каширського району у місті Камінь-Каширський [17].

Адреса надлісництва: вул. Ковельська, 42, м. Камінь-Каширський, Волинська область, 44501 [20].

Загальна площа земель лісгосподарського призначення надлісництва становить 80380,5 га. До складу надлісництва входять нижній склад, гараж і 13 лісництв (табл. 2.1) [21].

Таблиця 2.1

Адміністративно-організаційна структура Камінь-Каширського надлісництва [24]

Найменування лісництв, місцезнаходження контор	Площа га
Велико-Обзирське лісництво, с. Піщане	7173,0
Видертське лісництво, м. Камінь-Каширський	5222
Добренське лісництво, с. Добре	5704
Карпилівське лісництво, с. Карпилівка	7803,2
Клітицьке лісництво, с. Клітицьк	6029
Нуйнівське лісництво, с. Нуйно	7209
Пнівненське лісництво, с. Пнівне	4630
Сошичненське лісництво, с. Карпилівка	6284,6
Боровненське лісництво, с. Піщане	4939,9
Бузаківське лісництво, м. Камінь-Каширський	6860
Кримнівське лісництво, с. Пнівне	6533,3
Полицівське лісництво, с. Клітицьк	5626
Тоболівське лісництво, с. Рудка-Червинська К	6366,5
Усього	80380,5

2.2. Природно-кліматичні умови регіону дослідження

Камінь-Каширське надлісництво знаходиться в лісокультурному районі Західного Полісся. Клімат району помірно-континентальний, з теплим і вологим літом та м'якою хмарною зимою. Протягом року переважають атлантичні повітряні маси, які супроводжуються циклонічною діяльністю, частіше їх відмічають зимою та весною (з листопада по березень).

Середньомісячна швидкість вітру становить 3-5 м/с, а найбільша, з показниками 4,5-6,5 м/с, буває у лютому. Значної сили вітри досягають у листопаді, грудні. Інколи мають місце смерчі та ураганні вітри. Вони завдають великих збитків народному господарству, в тому числі лісовим насадженням.

Важливим кліматоутворюючим фактором є сонячна радіація, яка на Поліссі визначається у 98-100 ккал/см² за рік. Мінімальні значення сонячного сіяння спостерігаються у грудні і складають 22-30 год у місяць. Найбільших значень досягає у липні – 240 - 300 год. Полуденна висота сонця протягом року змінюється від 15 до 60°, а тривалість дня – від 7,4 до 16,5 год. Ефективне випромінювання у середньому за рік становить 30-35 % сумарної радіації.

Зима відзначається частими відлигами, пов'язаними з переміщенням циклонічних утворень із північного заходу, заходу, південного заходу та півдня. Найінтенсивніші відлиги, значні опади, ожеледиця і хуртовини спостерігаються при виході південних і південно-західних циклонів.

Літній сезон характеризується високою інтенсивністю сонячної радіації та слабким переміщенням повітряних мас. Друга половина літа відрізняється переважанням областей підвищеного тиску із антициклонічною погодою без опадів. При таких процесах довгий час утримується суха погода з інтенсивним підвищенням температури.

Середня річна температура становить від +7 °С до +5 °С. Середня температура найбільш холодного місяця, січня, від -4,5 °С до -7 °С. Найнижча температура у січні сягає -36 °С. Найтепліший місяць – липень, його середня температура коливається від +17 °С до +19 °С. Теплий період триває з 6-28

березня по 13 листопада-1 грудня. Кількість днів із температурою вище 0 °С становить 240-260, вище 10 °С – 140-160. В окремі роки середня місячна температура може відхилятися від середніх багаторічних температур.

Вегетаційний період на Поліссі триває з другої декади квітня до третьої декади жовтня. Він складає 205-210 днів. Кількість опадів за рік становить 550-650 мм. Коливання величини опадів у різні роки буває значне: від 300 до 1000 мм. Більша частина опадів (400-450 мм) випадає в теплий період, з квітня по жовтень, а у холодний період, з листопада по березень – тільки 150-200 мм. Максимальна кількість опадів випадає в червні (61-106 мм) і липні (76-106 мм). Сніговий покрив утримується протягом 90-100 днів, його висота коливається від 13-15 см на заході до 30-35 см на сході. Середня глибина промерзання ґрунту дорівнює 40-50 см. Болота промерзають до 10-20 см, а деякі не замерзають зовсім. Максимальна відносна вологість повітря спостерігається зимою та восени (80-85 %), найбільш низька – весною (48-54 %). Випаровування вологи знаходиться на рівні 400-450 мм у рік [22].

Температура ґрунту може дуже відрізнятися на відстані кількох метрів. У зимовий час теплові властивості ґрунту в більшості визначаються станом і потужністю снігового покриву. Тривалість стійкого промерзання ґрунту збільшується по території з південного заходу і на північний схід, де вона може сягати 150 днів.

Рельєф території представляє собою ідеальну рівнину, злегка опущену на південному сході до р. Стохід, а на заході – до р. Турія. Ерозійні процеси проходять непомітно і великої небезпеки не являють, оскільки територія філії являє собою ідеальну рівнину. Відповідно, лісові масиви надлісництва значного протиерозійного значення не мають, проте на піщаних підвищеннях вони являються важливим фактором захисту ґрунтів від вітрової ерозії

Ґрунотворюючі породи представлені піщаними та супіщаними воднольодовиковими відкладами, а також суглинковою мореною. Легкий механічний склад ґрунтоутворюючих порід обумовив утворення піщаних і супіщаних ґрунтів.

У ґрунтовому покриві переважають дерново-підзолисті ґрунти. Серед них найбільшого поширення набули дерново-слабопідзолисті та дерново-середньопідзолисті. Значну частку становлять болотні ґрунти. Дерново-слабопідзолисті ґрунти утворюються під сосновими та мішаними лісами на флювіогляціальних відкладах і рідше на морені. Суцільний елювіальний прошарок відсутній. Вміст гумусу у верхньому горизонті коливається у межах 0,8-1,2 %. Ґрунти на 50-70 % насичені основами. Реакція їх кисла. Вони бідні як за сумарним, так і рухомими формами азоту, фосфору та калію. Вологоємкість коливається від 10 до 12 %, капілярна – від 12 до 15 % .

Дерново-середньопідзолисті, переважно супіщані ґрунти утворюються під мішаними лісами на флювіогляціальних відкладах і морені супіщаного, рідше легкосуглинистого гранулометричного складу. Кількість гумусу сягає 1,5-2 %, інколи – навіть 2,5 %. За насиченістю і вмістом поживних речовин вони близькі до слабопідзолистих .

Дуже низькою природною родючістю характеризуються піщані та глинисто-піщані дерново-слабопідзолисті ґрунти, які утворилися на еолових пісках. Їх доцільно використовувати у лісовому господарстві. Вирубка на цих територіях лісів призводить до розвіювання пісків. У межах моренно-зандрових рівнин поширені дерново-середньопідзолисті ґрунти, де росте природно і культивується сосна звичайна, береза повисла та інші оліготрофи і ксерофіти. Окремими островцями на Поліссі виділяються сірі та світло-сірі лісові ґрунти, які утворилися на лесоподібних суглинках. На виходах крейдових порід поширені дерново-карбонатні ґрунти, що містять 3-5 % гумусу, відрізняються слаболужною реакцією та насиченістю основами.

Значні площі знаходяться під болотними ґрунтами. Вони часто зустрічаються у комплексі з дерново-підзолистими. Значною заболоченістю відрізняються заплави. Чималі площі займають лугові та дернові ґрунти. Гумусний горизонт дернових ґрунтів залягає на глибину до 140, лугових – 50-70 см .

Між грядами в пониженнях, де внаслідок близького залягання морени та водоупорних глинистих прошарків утворились торф'яно-болотні ґрунти і

торф'яники, з потужністю торфу від 0,5 до 3 м. На даний час більша частина таких ґрунтів осушена. Рівень ґрунтових вод коливається від 0,7 до 2 м, на підвищеннях опускається до 6-10 м і більше. Переважна частина ґрунтів відноситься до категорії свіжих і вологих [22].

2.3. Таксаційна характеристика насаджень підприємства

Відповідно до Постанови Кабінету Міністрів України № 733 від 16 травня 2007 року «Про затвердження Порядку поділу лісів на категорії та виділення особливо захисних лісових ділянок », ліси за їх функціональним призначенням поділяються на чотири категорії:

- експлуатаційні;
- захисні;
- рекреаційно-оздоровчі;
- природоохоронного, наукового та історико-культурного призначення.

Згідно з проектом організації та розвитку лісового господарства, 80 % надлісництва займають експлуатаційні ліси. Це вказує на те, що переважна частина земель використовується для забезпечення потреб національної економіки у деревині [21].

З рис. 2.1 видно, що рекреаційно-оздоровчі ліси займають 10 % загальної площі, а незначна їх частина розташована поблизу населених пунктів. Ліси природоохоронного, наукового та історико-культурного призначення становлять 6 % .На території надлісництва, на площі 5266,5 га розміщені заказники місцевого значення. Крім того, 4 % лісів виконують захисні функції – це насадження вздовж смуг відведення залізниць і автомобільних доріг, а також уздовж берегів річок, навколо озер і водойм.

У лісовому фонді Камінь- Каширського надлісництва головною породою є сосна звичайна, яка зростає на 49,6 тис. га, що становить 70 % загальної площі лісових ділянок вкритих лісовою рослинністю. Розподіл території за основними породами наведено на рис. 3.3.

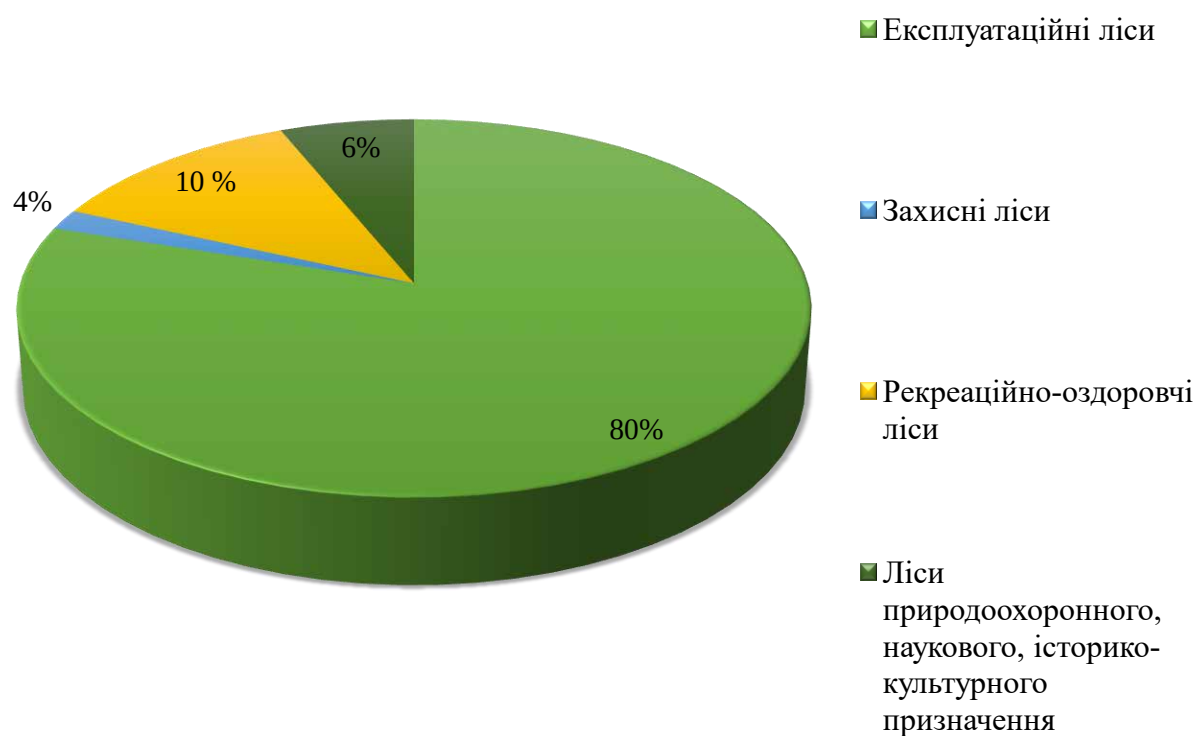


Рис. 2.1. Розподіл площі земель лісового фонду за категоріями лісів

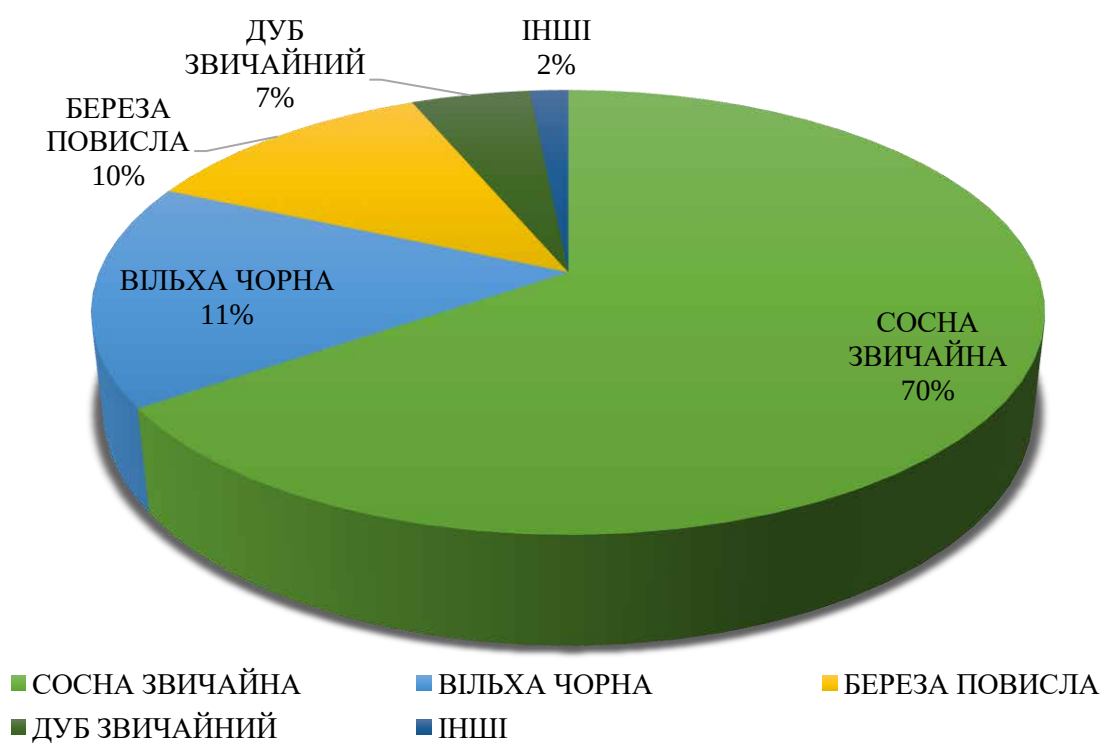


Рис. 2.2. Розподіл площі лісових земель за головними породами

З рис. 2.2 видно, що у лісових масивах також досить поширені береза повисла 10 % та дуб звичайний 7 %. Ці деревні породи є супутніми для сосни звичайної та часто застосовуються при створенні лісових культур. Характеристика площі земель підприємства за ТЛУ наведено на рис. 3.4.

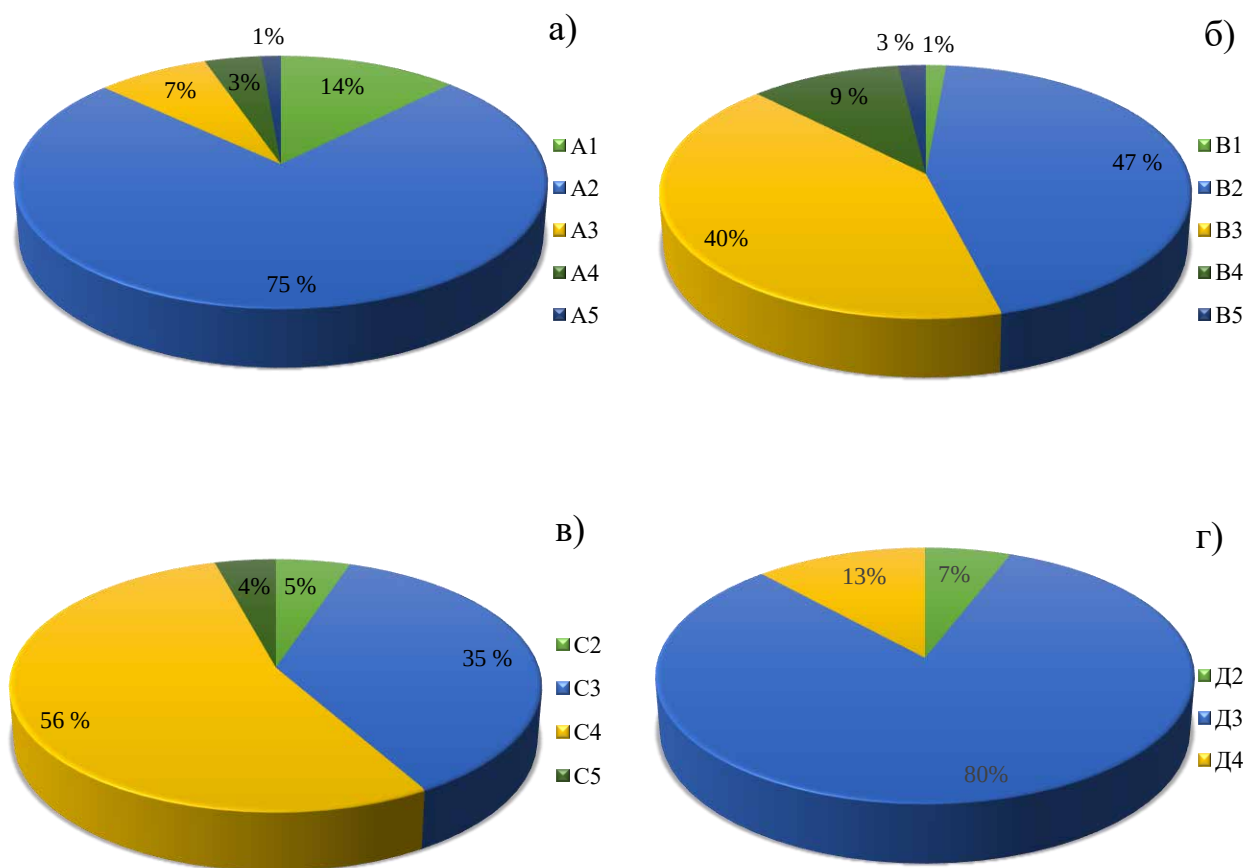


Рис. 2.3. Розподіл площі земель підприємства за різними типами лісу, в гектарах: а) бори; б) субори; в) сугруди; г) діброви.

Найпоширенішими типами лісових умов є свіжий суббір (B_2), вологий суббір (B_3) та свіжий бір (A_2) (рис. 2.3). У Камінь-Каширському районі є багато торф'яних боліт, де часто росте вільха чорна. Ця рослина з'являється в умовах сирого (C_4) та мокрого (C_5) сугрудю. Згідно з останніми даними лісовпорядкування, на території надлісництва переважають середньовікові ліси, як і в цілому по країні. Вони складають 46,9 %, тобто майже половину всіх лісів підприємства. Наступними по площі за середньовіковими є молодняки, які

займають 20 тис. га, що становить 26,5 % від загальної площі. Перестійні насадження майже відсутні і складають лише 0,3 %. Найбільше насаджень у надлісництві зростає у шостому класі віку. Середній вік насаджень становить 47 років, а середній вік соснових насаджень – 54 роки. Графічне представлення розподілу площі насаджень підприємства за віковими групами можна побачити на рис. 2.4.

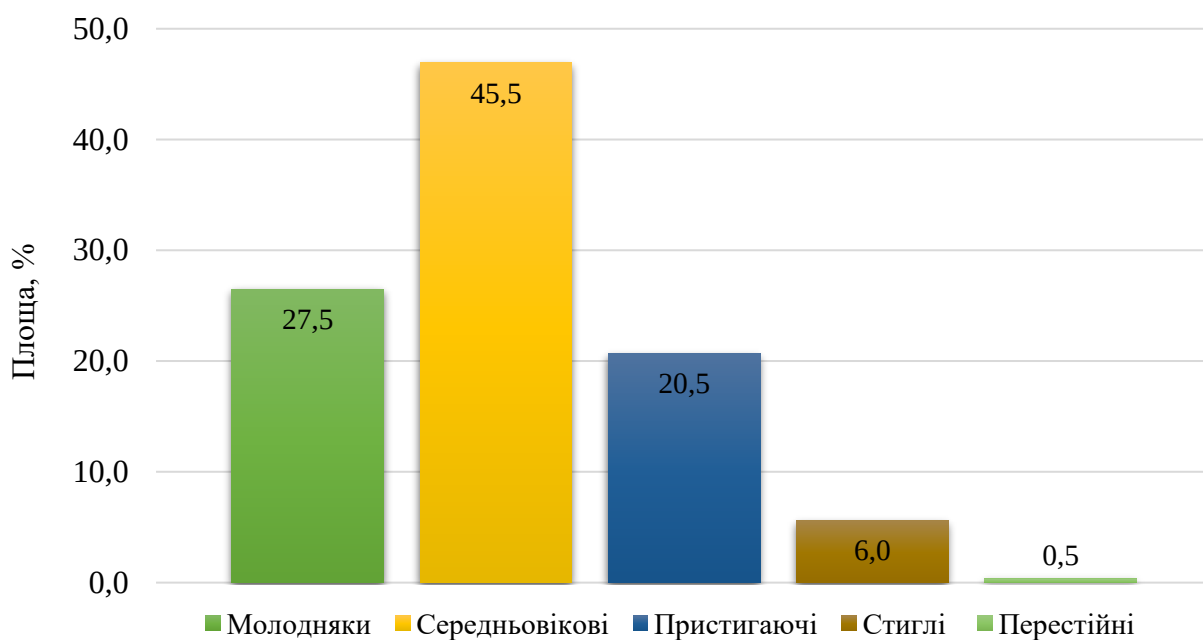


Рис. 2.4. Розподіл площі насаджень Камінь-Каширського надлісництва за групами віку

Якщо розглядати вікову структуру в розрізі головних порід, то така ж сама тенденція, щодо середньовікових насаджень спостерігається для соснових, вільхових та дубових насаджень. Тоді як для берези повислої переважаючими по площі є група віку молодняки, яка становить 54,4% та середньовікові насадження – 27,0 %. За відносною повнотою насадження поділяють на високоповнотні (0,8-1,0), середньоповнотні (0,5-0,7) та низькоповнотні (0,3-0,4). У Камінь-Каширському надлісництві високоповнотні насадження становлять 50,0 %, середньоповнотні – 48,6 %, а низькоповнотні – 1,4 %. Найбільше насаджень зростає за повнотою 0,8 – 38 % (рис. 2.5). Середня повнота насаджень по підприємству становить – 0,74 [22].

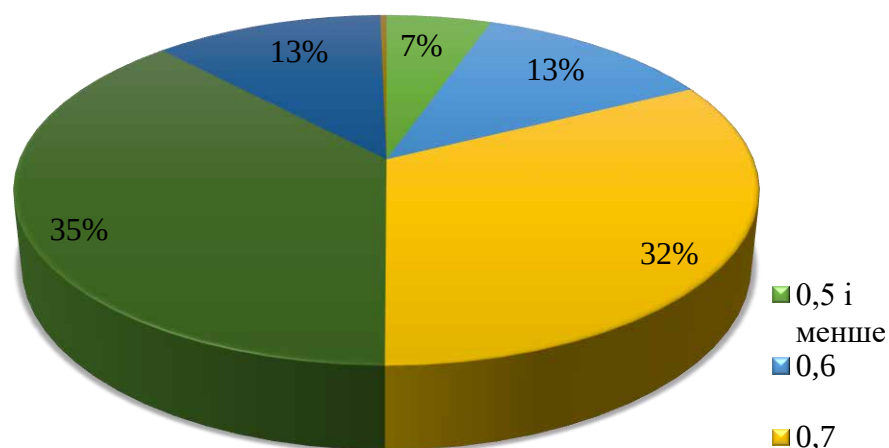


Рис. 2.5. Розподіл площі насаджень Камінь-Каширського наддлісництва за повнотами

У розрізі основних порід середня повнота становить для сосни звичайної – 0,76; вільхи чорної – 0,69; берези повислої – 0,72; дуба звичайного – 0,72 (рис. 2.6). Графічне відображення розподілу площ насаджень у розрізі головних порід наведено на рис. 3.7, з якого видно, що переважна більшість насаджень зростає з повнотою 0,7-0,8.

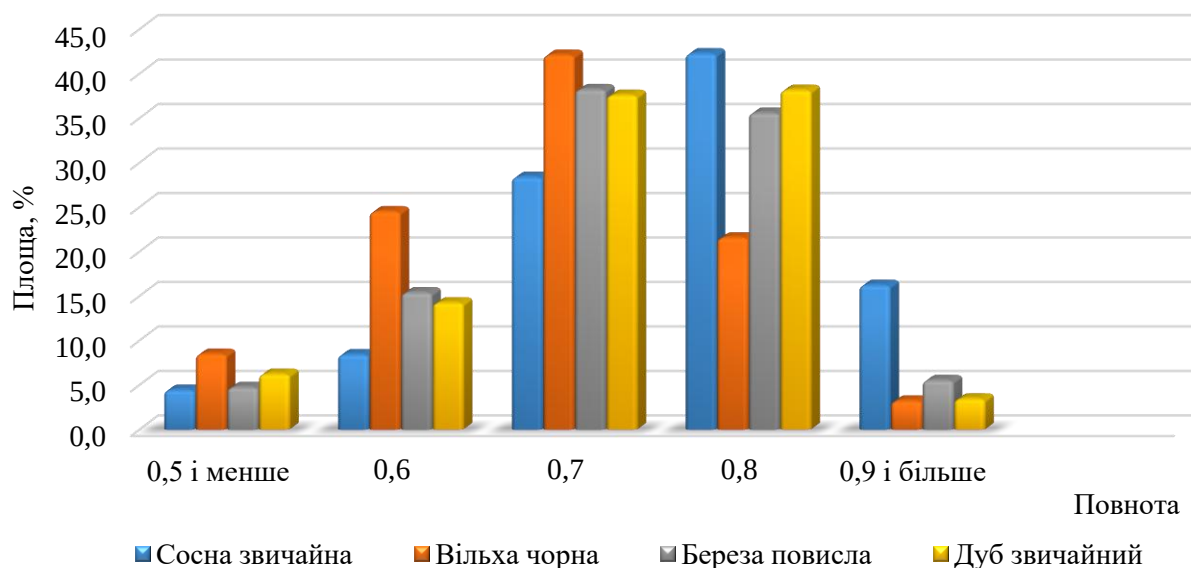


Рис. 2.6. Розподіл площ насаджень основних лісотвірних порід у Камінь-Каширському наддлісництві за повнотою

2.4. Методика збору дослідних даних

З метою дослідження радіального приросту, у модальних соснових деревостанах Камінь-Каширського надлісництва філії «Поліський лісовий офіс» було закладено 2 тимчасових пробних площ (ТПП) та відібрано 20 зразків деревини (кернів). ТПП були закладені у двох лісництвах: Нуйнівське та Бузаківське. Приблизний вік насаджень на пробах становить 50 років, умови зростання A_2 і B_2 , повнотою 0,7. Одна пробна площа в умовах B_2 розміщена у Нуйнівському лісництві, а проба A_2 – у Бузаківському лісництві.

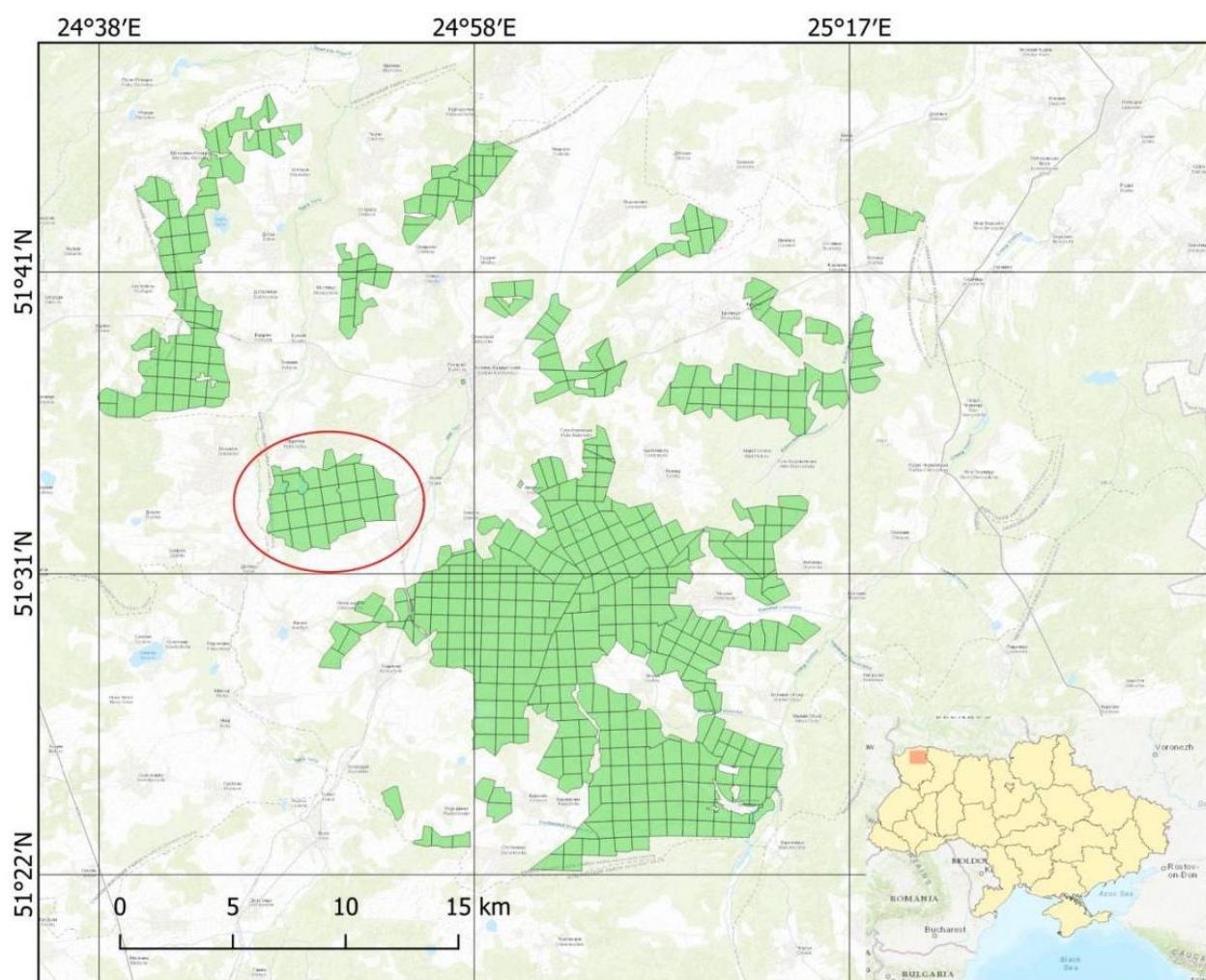


Рис. 2.7. Картосхема території Нуйнівського лісництва (червоним контуром виділено місцезнаходження проби)

Для відбору зразків деревини ТПП закладали згідно з вимогами СОУ 02.02-37-479:2006 «Площі пробні лісовпорядні. Метод закладання» [26] були закладені дві проби у модальних соснових насадженнях надлісництва. У середньовіковому насадженні була закладена кругова пробна ділянка з радіусом 12,62 м (площа 250 м²) (рис. 2.8).



Рис. 2.8. Дослідні деревостани, де виконано відбір кернів: верхній ряд – фото умов А₂, нижній ряд – умови В₂

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 відбирали за допомогою вікового бура *Haglöf* (рис 2.9, а), а висота дерев вимірювали за допомогою висотоміра *Haglöf EC-II-D* (рис 2.9, б).



Рис 2.9. Лісотаксаційні інструменти: а) віковий бур; б) висотомір

Для відбору кернів віковий бур вкручували перпендикулярно до осі стовбура дерева. Для зберігання та транспортування зразків деревини, їх поміщали у спеціальну планку (рис. 2.10). 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).

2.5. Характеристика дослідних даних

Таксаційна характеристика лісових насаджень, у яких здійснено відбір модельних дерев наведена в таблиці 2.1. Це були середньовікові чисті за складом соснові деревостани (з незначною домішкою дерев берези на пробі № 2), які зростали за I і Ia класами бонітету. Повнота обох деревостанів становила 0,7–0,8, що створює передумови для ефективного порівняння результатів дослідження радіального приросту.

Таблиця 2.1

Таксаційна характеристика відібраних лісових насаджень

№ кварталу	№ виділу	Склад	Вік, років	D, см	H, м	Бонітет	ТЛУ	Повнота	Запас м ³ ·га ⁻¹
Бузацьке лісництво (ПП № 1)									
58	51	10 Сз	48	24	19,3	I	A ₂	0,7	360
Нуйнівське лісництво (ПП № 2)									
1	1	10Сз+Бп	54	28	26,2	Ia	B ₂	0,8	420

На першій пробі діаметр дерев коливався в діапазоні від 18,7 см до 25,8 см, тоді як на другій – розміри дерев були більшими і діаметр дерев коливався від 23,9 см до 41,1 см. Таким чином, середній діаметр деревостанів був різним і це створює певні труднощі для адекватного співставлення результатів дендрохронологічного аналізу. В зв'язку з цим у роботі використовували методи нормалізації даних, які описані в наступному підрозділі.

Таблиця 2.2

Таксаційна характеристика модельних дерев на ПП №1

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
дук	25,8	24,2	20,3	19,4	13,7	14,2	23,5	23,6	23,6	23,9	18,7	29,3
h, м	21,0	21,0	17,4	19,2	17,8	18,8	15,6	21,0	20,0	20,8	18,2	19,4

Таблиця 2.3

Таксаційна характеристика модельних дерев на ПП №2

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
дук	23,9	29,8	26,6	32,1	24,8	37,1	21,6	33,7	29,0	33,1	29,6	41,1
h, м	26,3	25,6	22,1	26,5	27,4	25,4	25,3	27,0	27,6	27,6	27,4	28,4

Загалом, зібрані дані достатні для вирішення поставлених задач бакалаврської роботи та дозволяє узагальнити особливості радіального приросту дерев в двох різних лісорослинних умовах.

2.6. Методика обробки дослідних даних

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.

Описана методика підготовки кернів до дендрохронологічного дослідження тривалий час випробовувалася на практиці і підтвердила свою ефективність. По перше, відскановані зразки деревини дозволяють накопичувати базу даних дослідних даних. По друге, підхід не потребує дорогого обладнання для вимірювання ширини річних кілець. Це робить методику вдалим компромісом між традиційними методами вимірювання ширини річних кілець за допомогою вимірювачів та дороговартісного обладнання дендрохронологічних лабораторій.

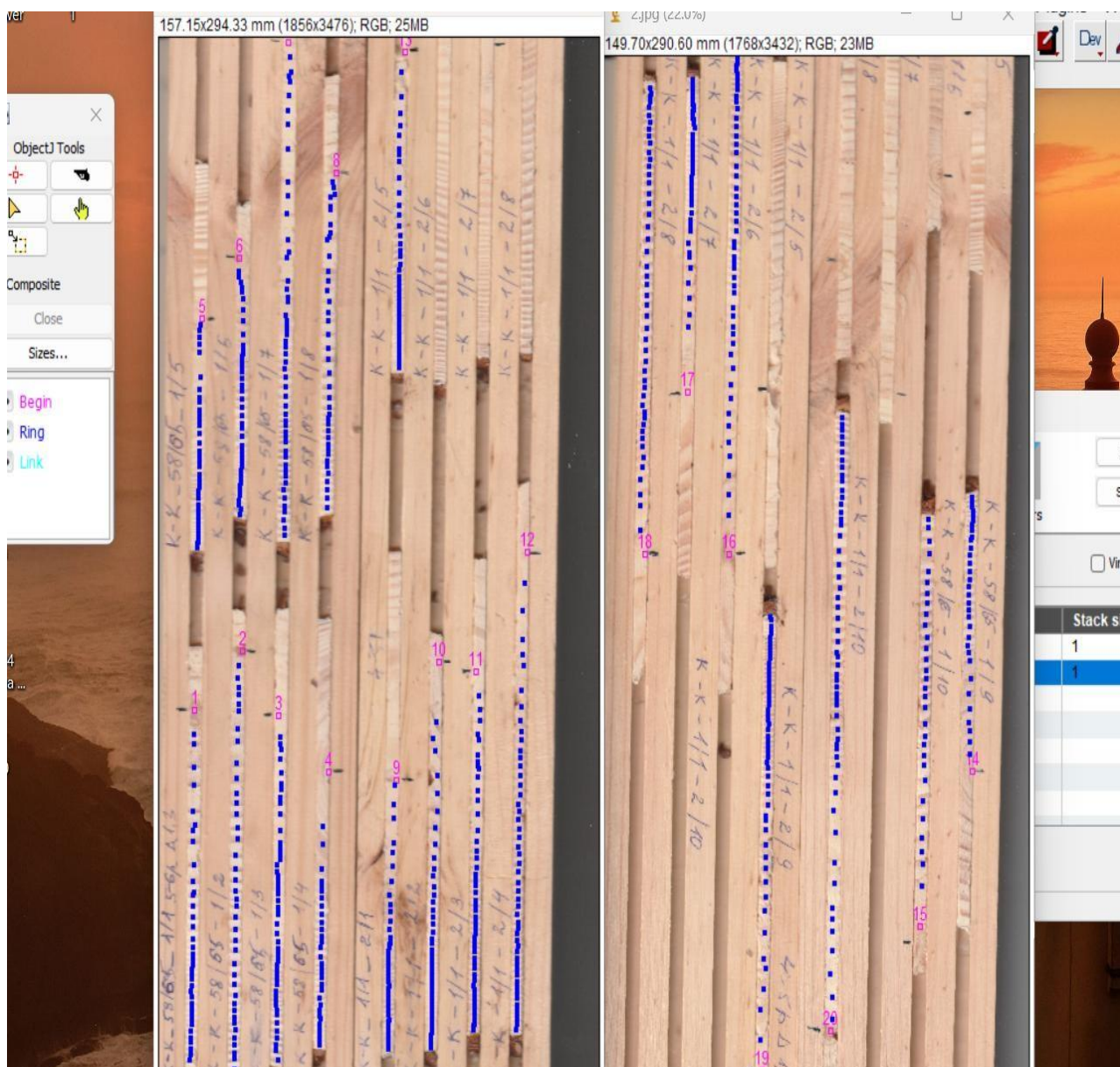


Рис. 2.10. Датування річних кілець у програмному продукті *ImageJ*

Використання програмного продукту *ImageJ* виявилося ефективним програмним продуктом 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.

У результаті статистичної обробки дослідних даних для кожного прирісного керну одержано основні статистики розподілу ширини річних кілець (таблиця 2.4).

Статистична характеристика дослідних даних

ТПП	№ мод. дерева	Кількість кілець, шт	Середній приріст, см	Стандартне відхилення	Коефіцієнт варіації
1	1	37	2,70	1,78	65,8
	2	39	3,05	1,01	33,1
	3	51	1,93	1,02	52,7
	4	32	2,44	2,75	112,8
	5	40	1,63	1,11	68,1
	6	44	1,66	0,81	48,7
	7	51	2,76	1,71	62,0
	8	39	2,47	1,01	40,7
	9	32	2,41	1,06	44,1
	10	30	3,81	1,75	46,0
2	1	49	1,78	1,89	106,44
	2	51	2,16	2,64	122,67
	3	53	1,93	1,25	65,08
	4	51	2,67	1,77	66,54
	5	51	2,22	3,02	135,85
	6	48	2,89	1,65	57,05
	7	50	1,76	2,59	147,58
	8	48	2,73	1,14	41,54
	9	54	2,36	1,93	81,57
	10	55	3,21	1,68	52,32

Для обробки та аналізу даних ширини річних кілець сосни звичайної також було використано мову програмування *R* та спеціалізований пакет *dplR*, який широко застосовується у дендрохронологічних дослідженнях. Використання цього програмного забезпечення дозволило автоматизувати обчислення, підвищити точність результатів і виконати більш глибокий статистичний аналіз.

На початковому етапі дані ширини річних кілець, отримані в результаті вимірювань, були підготовлені та імпортовані у середовище *R*. Дані представляли собою часові ряди, де кожен стовпець відповідає окремому керну, а рядки – календарним рокам (додаток А.1, додаток А.2).

Після завантаження даних було виконано їх перевірку на наявність пропусків, аномальних значень та помилок. Це дозволило забезпечити коректність подальших розрахунків. Для виділення кліматичного сигналу з рядів ширини річних кілець було проведено процедуру детрендування. Вікові

тренди росту дерев були усунені за допомогою апроксимації експоненційними функціями та сплайнами. Все виконано за автоматизованими алгоритмами пакету *dplR* (рис. 2.11).

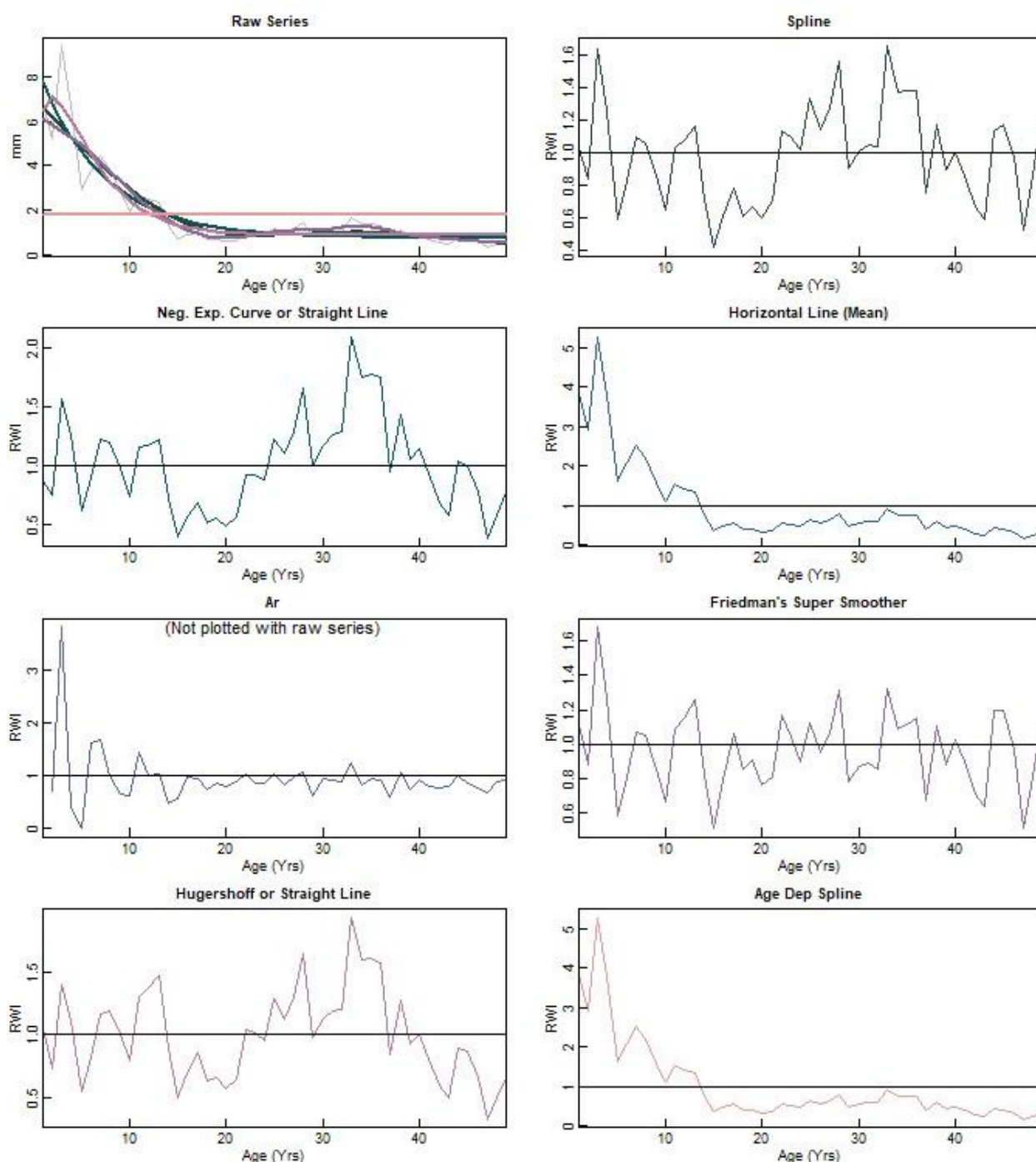


Рис. 2.11. Порівняння методів детрендингу для однієї часової серії ширини річних кілець сосни звичайної

Підхід, наведений на рис. 2.11, є стандартним діагностичним виводом функції *detrend.series()* з пакету *dplR* і містить 8 панелей, які ілюструють роботу різних методів детрендингу на одній і тій самій серії. Верхня ліва панель (*Raw*

Series) – вихідні дані: фактичні значення ширини річних кілець у міліметрах. Добре видно класичну вікову тенденцію – різкий спад приросту в перші 10–15 років життя дерева з подальшою стабілізацією на низькому рівні. Кольорові криві відображають самі моделі детрендингу, накладені поверх сирих даних для наочного порівняння.

Від вибору методу детрендингу безпосередньо залежить, який сигнал залишиться в індексі *RWI*. Якщо обрати надто жорстку модель (наприклад, *Horizontal Mean*), вона не повністю видалить віковий тренд, і залишки спотворюють кліматичний сигнал, особливо для дерев із нетиповою кривою росту. Якщо обрати надто гнучку модель (наприклад, короткий сплайн), вона видалить не лише віковий тренд, а й реальні довгострокові кліматичні коливання, які цікавлять дослідника. Тому порівняння всіх методів на одній серії дозволяє свідомо обрати оптимальний варіант, що прибирає біологічний тренд, але зберігає кліматичний сигнал потрібної частоти.

Нижче наведено короткий опис можливих моделей видалення часового тренду ширини річних кілець:

- *Spline* – гнучкий кубічний сплайн, добре видаляє середньочастотні тренди, зберігаючи міжрічну мінливість;
- *Neg. Exp. Curve* – негативна експоненціальна крива, класичний метод для молодих деревостанів з чітким спадом приросту;
- *Horizontal Line (Mean)* – ділить на середнє значення ширини кілець, не видаляє тренд, лише масштабує, підходить лише якщо тренду немає;
- *Ar* – авторегресійна модель, видаляє часову автокореляцію, залишаючи лише «несподіваний» сигнал;
- *Friedman's Super Smoother* – адаптивне згладжування. гнучко підлаштовується під локальні особливості кривої;
- *Hugershoff* – модифікована експоненціальна крива з параметром приросту у ранньому віці, точніша за просту експоненту для молодих дерев;
- *Age Dep Spline* – вікозалежний сплайн, жорсткіший у старшому віці дерева, зберігає низькочастотний кліматичний сигнал.

У процесі дослідження також було побудовано кілька типів графіків, які дозволили встановити закономірності радіального приросту на пробних площах.

Висновки до 2-го розділу. Дослідження проведено в межах Камінь-Каширського надлісництва філії «Поліський лісовий офіс» ДП «Ліси України». Аналіз лісівничо-таксаційної структури показав, що сосна звичайна є домінуючою породою підприємства, займаючи 70 % площі лісових ділянок, середнім віком сосни 54 роки.

Відібрані деревостани в умовах A_2 і B_2 представляють типові лісорослинні умови регіону дослідження, а тому дозволяють охарактеризувати особливості радіального приросту соснових деревостанів у найбільш поширених умовах росту.

РОЗДІЛ 3. ВПЛИВ КЛІМАТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ НА РАДІАЛЬНИЙ ПРИРІСТ СОСНОВИХ НАСАДЖЕНЬ

3.1. Вплив кліматичних показників на ріст та розвиток насаджень

Радіальний приріст сосни звичайної є важливим показником змін клімату, зокрема температури і вологості. Коли температура зростає, це призводить до більшого випаровування води і, як наслідок, до нестачі води для дерев. Це проявляється в зменшенні ширини річного кільця. Навпаки, коли випадає достатньо опадів, це допомагає деревам рости активніше. Тому вивчення змін радіального приросту разом із кліматичними умовами дозволяє зрозуміти, як дерева реагують на зміни навколишнього середовища і наскільки вони стійкі.

Для дослідження впливу кліматичних факторів на ріст і розвиток насаджень сосни звичайної в межах Камінь-Каширського надлісництва було використано дані найближчої метеостанції Любешів (середньорічна температура повітря та річна сума опадів), які отримано з бази Центральної геофізичної обсерваторії імені Бориса Срезневського.

Графічне зображення динаміки ширини річного кільця та кліматичних показників наведено на рис. 3.1 та 3.2. для насаджень умов А₂ та В₂

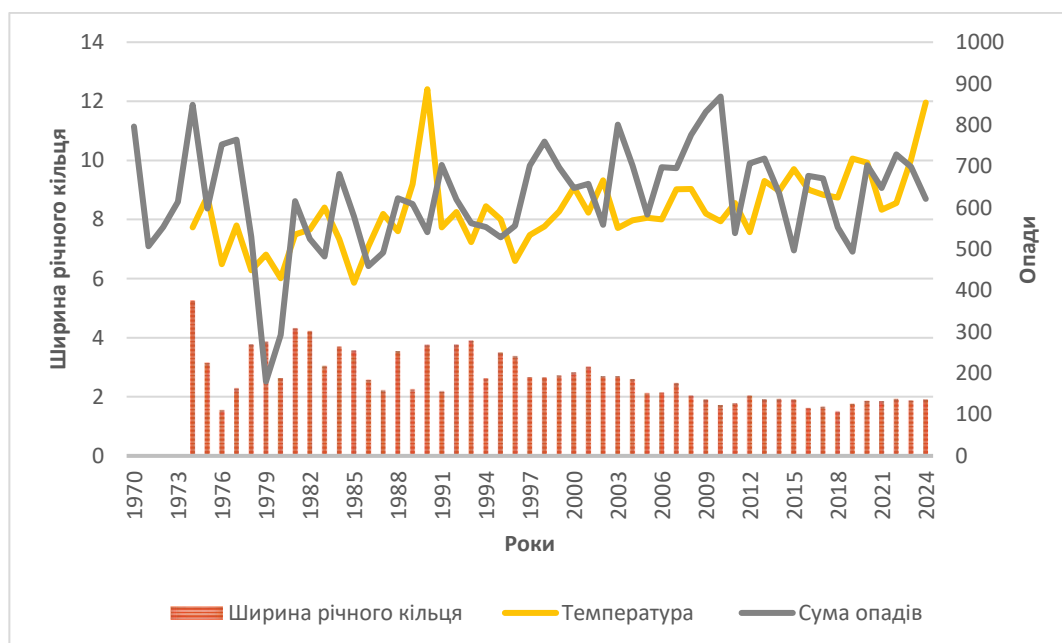


Рис. 3.1. Вплив кліматичних показників на динаміку ширини річного кільця в насадженнях сосни звичайної умови А₂

Згідно з даними на малюнку 3.1, на початку досліджуваного періоду в 1974 році ширина річного кільця була приблизно 5,2 мм. У перші десятиліття спостерігалися значні коливання цього показника, з піковими значеннями у 1981 та 1982 роках понад 4 мм, а також у 1990 і 1993 роках, коли вона становила близько 3,7–3,9 мм. Однак з середини 1990-х років спостерігається стабільна тенденція до поступового і м'якого зменшення ширини річного кільця, яка після 2010 року стабілізується на рівні 1,5–2 мм.

Середньорічна температура показує ясний тренд до підвищення, досягаючи своїх найвищих значень (близько 12 °C) у 1990 та 2024 роках. Кількість опадів змінюється протягом усього періоду (від приблизно 200 мм у 1979 році до більше 850 мм у 2010 році) без чіткої довгострокової тенденції. Візуальний аналіз свідчить про можливий негативний зв'язок між підвищенням температури та змінами в ширині річного кільця, тоді як зв'язок з кількістю опадів менш очевидний.

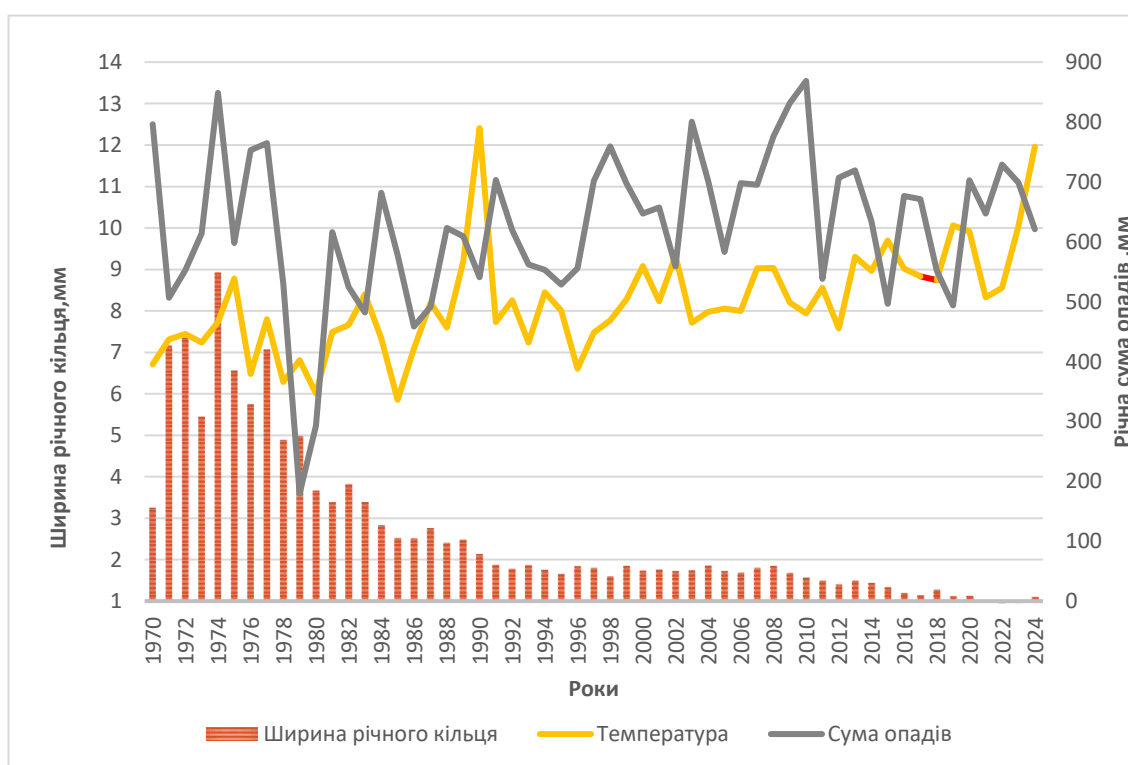


Рис. 3.2. Вплив кліматичних показників на динаміку ширини річного кільця в насадженнях сосни звичайної умови В₂

Згідно з даними на рис. 3.2, на початку періоду, який ми досліджували, в 1970–1974 роках ширина річного кільця була найвищою, досягнувши свого максимуму в 1974 році, коли вона становила приблизно 8,9 мм. Після цього, хоча на початку 1980-х років були незначні підйоми до 3,5–3,8 мм, загалом спостерігалось швидке і постійне зменшення ширини річного кільця. Починаючи з 2000-х років, цей показник падає нижче 2 мм, а в останнє десятиліття після 2015 року зменшується до критично низьких значень – приблизно 1 мм і менше.

Середньорічна температура показує ясну тенденцію до зростання, досягаючи максимальних значень 12 °C у 1990 та 2024 роках. Річна кількість опадів коливається в межах від 200 до 870 мм, без чіткої довготривалої тенденції до збільшення або зменшення. Аналіз цих змін свідчить про сильний негативний зв'язок між зростанням середньорічної температури та погіршенням радіального приросту (ширини річного кільця), тоді як вплив опадів є слабким або нестабільним.

Для дослідження впливу температури та вологості на насадження сосни звичайної в Камінь-Каширському надлісництві, у Любешівській метеостанції Центральної фізичної обсерваторії імені Бориса Срезневського були зібрані дані про температуру та опади за період з 1970 по 2024 роки. Ці дані наведені в Додатку А3 та А.4.

3.2 Методологічне обґрунтування застосування індексу RWI

Для аналізу динаміки радіального приросту сосни звичайної застосовано відносний індекс ширини річного кільця (Ring Width Index, RWI), розрахований засобами пакету `dplR` у середовищі R. Пакет `dplR` є стандартним інструментом дендрохронологічних досліджень і забезпечує виконання широкого спектру завдань – від крос-датування і детрендингу до побудови хронологій та спектрального аналізу. Перевага використання RWI над сирими даними ширини кільця полягає в тому, що даний індекс нормалізує значення приросту незалежно

від діаметра та віку дерева, що дозволяє коректно порівнювати між собою серії різних дерев і виявляти спільні кліматичні сигнали.

Аналіз сирих вимірювань ширини кілець (рис. 3.3) є менш ілюстративним саме тому, що дерева з різними діаметрами формують абсолютно різні за масштабом серії – вікова тенденція до зменшення кілець із збільшенням діаметра стовбура накладається на кліматичний сигнал і спотворює його. Натомість графік RWI (рис. 3.4) позбавлений цього вікового тренду: на ньому чітко видно як амплітуду, так і синхронність реакції дерев на зовнішні чинники. Умовна норма (нуль) відповідає середньому очікуваному приросту, і будь-яке відхилення від неї безпосередньо відображає надлишок або дефіцит росту, зумовлені екологічними факторами.

Такими чином, дерева з інтенсивним приростом (великою шириною річних кілець) можуть демонструвати великі амплітуди радіального приросту, проте відносний вплив факторів на ріст може бути більш відчутним для дерев з меншою амплітудою, меншою шириною кілець і меншими діаметрами. В цьому полягає перевага використання індексу RWI, що дозволяє узагальнювати дані широкого вікового діапазону.

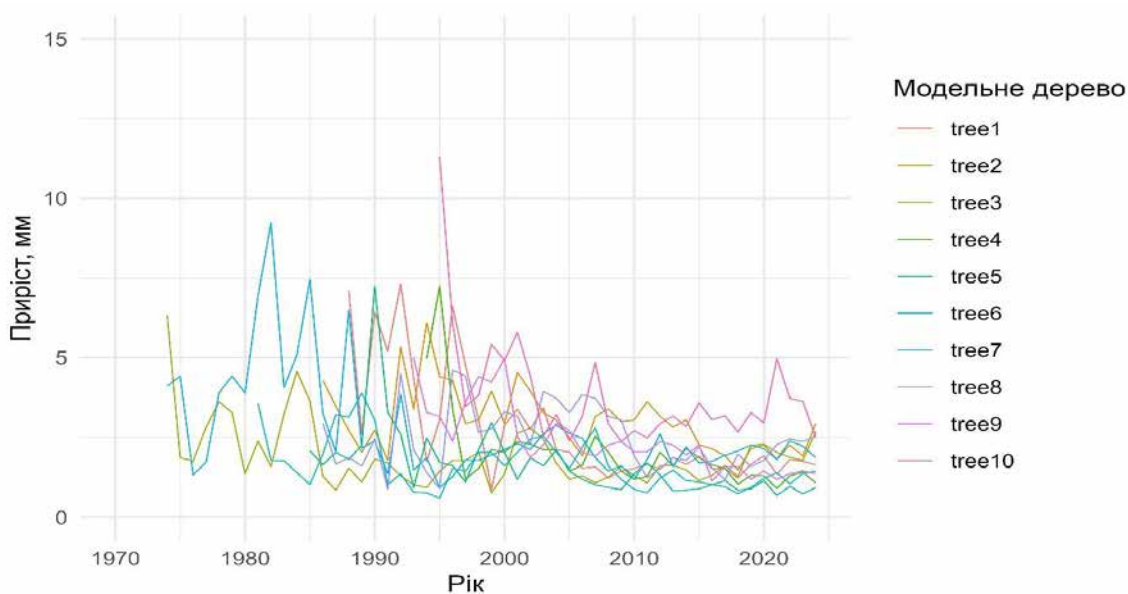


Рис. 3.3. Індивідуальні траєкторії радіального приросту дерев сосни в умовах A_2

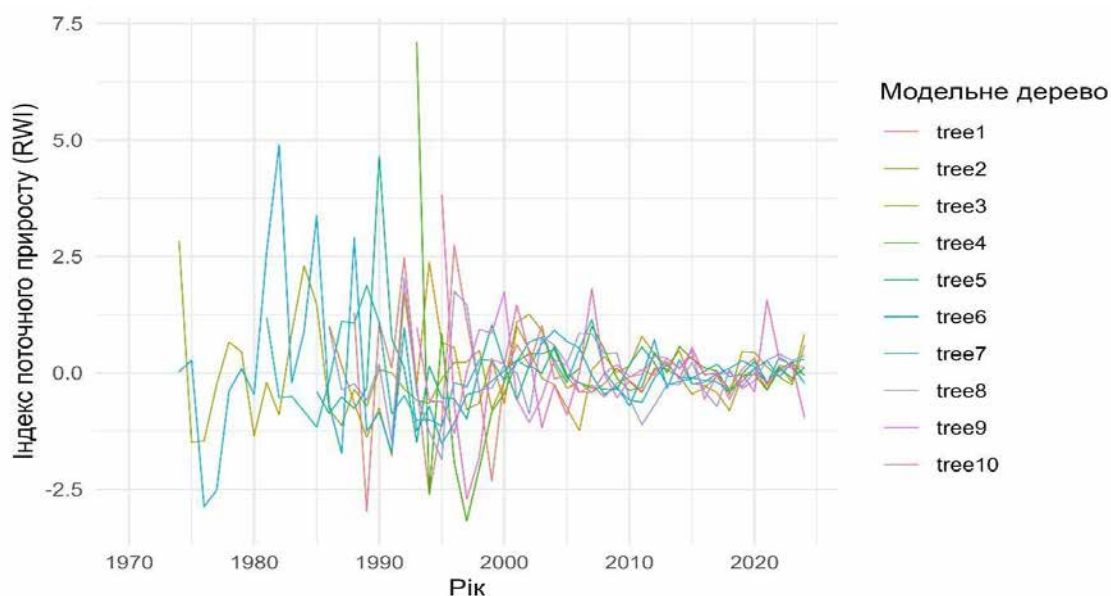


Рис. 3.4. Відносний індекс ширини річного кільця для модельних дерев в умовах A_2

Хронологія радіального приросту сосни в умовах A_2 (субір, бідні піщані ґрунти) охоплює весь досліджуваний період і демонструє значні міжрічні коливання. Висока міжсерійна кореляція між деревами свідчить про наявність зовнішнього лімітуючого фактора – клімату, який синхронно визначає динаміку приросту всього насадження.

Представлений на рис. 3.6 графік є зведеною (середньою) хронологією RWI, побудованою засобами пакету `dplR` у середовищі R. Процес його отримання єдиної кривої RWI на основі заміру ширини річних кілець окремих дерев складається з трьох послідовних етапів:

1. Зчитування сирих даних: виміряні ширини річних кілець усіх модельних дерев завантажуються у форматі `.rwl` за допомогою функції `read.rwl()`.

2. Детрендинг і стандартизація: кожна індивідуальна серія очищується від довгострокового біологічного тренду (вікового зниження приросту) за допомогою функції `detrend()`. Стандартним методом є кубічний згладжувальний сплайн. За цим методом кожне значення ширини кільця ділиться на відповідне значення апроксимуючої кривої, що дає безрозмірний RWI із середнім

значенням, близьким до 1,0. Завдяки цьому всі серії стають порівнянними незалежно від діаметра та віку дерева.

3. Побудова зведеної хронології: усі стандартизовані серії усереднюються по роках за допомогою функції `chron()`, яка використовує зважене середнє.

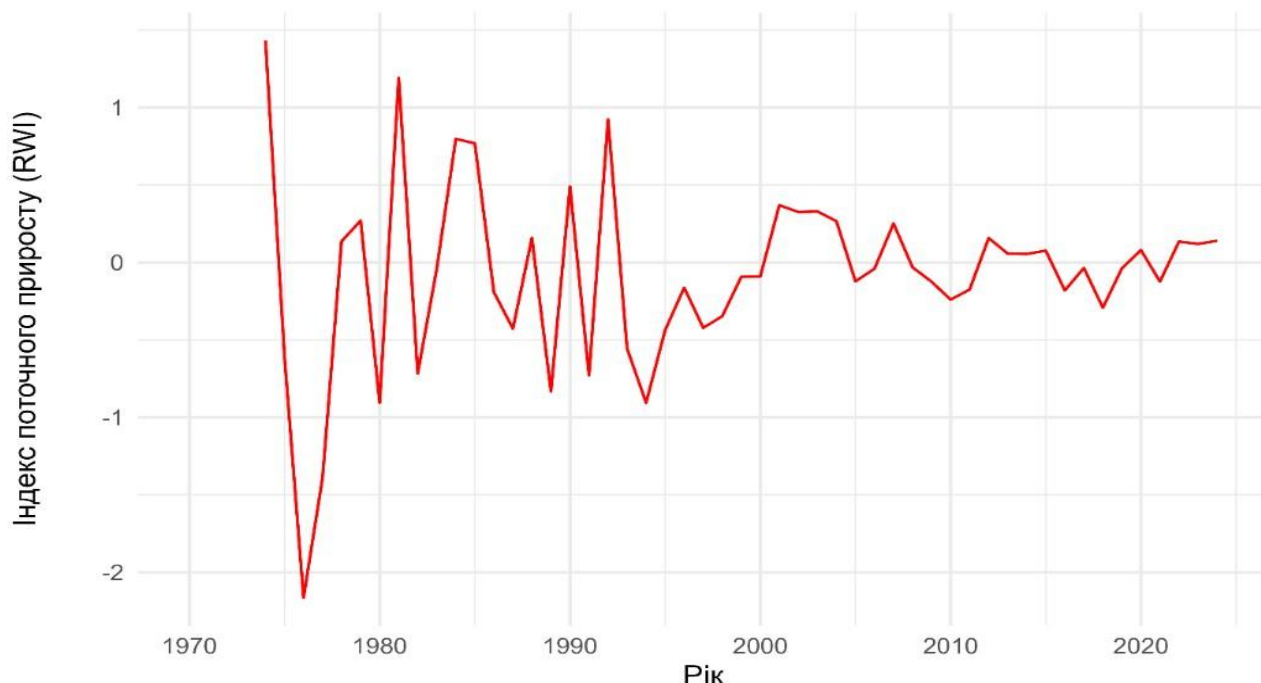


Рис. 3.5. Усереднений індекс поточного приросту для умов A_2 . Відносний індекс ширини річного кільця RWI відображає нормалізовану варіацію радіального приросту незалежно від діаметра і віку дерева

Результатом описаної процедури є єдина часова серія, що відображає реакцію дерев на зміну кліматичних показників. На представленому графіку вертикальна вісь відображає значення RWI. Відхилення від нуля вказує на відносний надлишок (+) або дефіцит (-) приросту порівняно з очікуваним середнім рівнем.

3.3. Аналіз хронології умов A_2 (бір)

Хронологія радіального приросту сосни в умовах A_2 (суббір, бідні піщані ґрунти) охоплює весь досліджуваний період і демонструє значні міжрічні коливання (рис. 3.3). Висока міжсерійна кореляція між деревами свідчить про

наявність зовнішнього лімітуючого фактора – клімату, який синхронно визначає динаміку приросту всього насадження (рис. 3.4).

Аналіз отриманої хронології свідчить про чітко виражену часову неоднорідність умов росту протягом досліджуваного періоду. Виділено кілька груп років із різким зниженням індексу, що відповідає несприятливим кліматичним ситуаціям – посухам, підвищеним температурам або суворим зимам. Водночас у роки з достатнім зволоженням і помірним температурним режимом фіксується підвищення приросту вище середнього рівня.

Найбільш виражені коливання спостерігаються у 1970–1990-х роках, коли значення індексу змінюється від помітних позитивних до значних від’ємних значень. Після 2000 року амплітуда коливань зменшується, проте сучасний тренд (після 2015 року) демонструє повернення до від’ємних значень, що свідчить про наростання хронічного стресу в умовах кліматичних змін.

Зниження радіального приросту пов’язане з двома основними механізмами кліматичного стресу:

- літній гідротермічний стрес: підвищення температури посилює випаровування вологи з ґрунту, що спричиняє водний стрес у дерев, зниження активності камбію та формування вузьких кілець;
- зимовий термічний стрес: температури січня/лютого нижче -10°C пошкоджують провідні тканини і негативно позначаються на прирості вже в наступний вегетаційний сезон.

У роки з достатньою кількістю опадів і помірним температурним режимом спостерігається активний поділ клітин камбію та формування ширших річних кілець, що відображається у позитивних значеннях RWI. За даними метеостанції Любешів, температура у літні місяці нерідко перевищує $18\text{--}22^{\circ}\text{C}$, а кількість опадів у серпні може варіювати від 3,1 мм (2015 р.) до понад 100 мм у сприятливі роки, що безпосередньо відбивається на динаміці хронології приросту.

Помітна автокореляція хронології вказує на те, що дерева потребують 1–2 роки для відновлення після стресової події. Це є ефектом «пам’яті», який добре описується за допомогою індексу RWI. У цілому результати аналізу

підтверджують тісний зв'язок між кліматичними факторами та динамікою радіального приросту сосни звичайної: температура повітря та кількість опадів є головними чинниками, що визначають інтенсивність ростових процесів і структуру річних кілець.

3.4. Аналіз хронології умов В₂ (субір)

Хронологія радіального приросту сосни в умовах В₂ (субір) відрізняється від умов А₂ за характером розподілу коливань у часі (рис. 3.6). Найбільш виражені зміни приросту спостерігаються в ранній період з 1969 по 1986 рік, тоді як після 1990 року графік стабілізується і коливання стають значно меншими.

У ранньому періоді (1969–1986 рр.) зафіксовано найбільш різкі відхилення RWI. Абсолютний мінімум (приблизно $-2,5$) припадає на 1970 рік – це найглибший спад за всю хронологію. Його причиною, найімовірніше, стало поєднання дуже холодної зими (січень 1970 р.: $-6,6^{\circ}\text{C}$; лютий: $-7,0^{\circ}\text{C}$) та дефіциту вологи навесні. Після цього мінімуму спостерігається серія різких підйомів і спадів: значення піднімаються до $+1,9$ (1972–1973 рр.) і знову падають у 1975, 1979 та 1985 роках. Така картина свідчить про те, що дерева відновлювалися після стресу, але знову потрапляли під вплив несприятливих кліматичних умов.

Після 1987–1990 років амплітуда коливань різко зменшується. Графік переходить у зону значень, близьких до нуля, і більше не демонструє екстремальних спадів. Це пояснюється кращими ґрунтовими умовами умов В₂, де більша вологоємність ґрунту пом'якшує вплив короткочасних посух, а також загальним пом'якшенням зим у регіоні Полісся після 1990-х років.

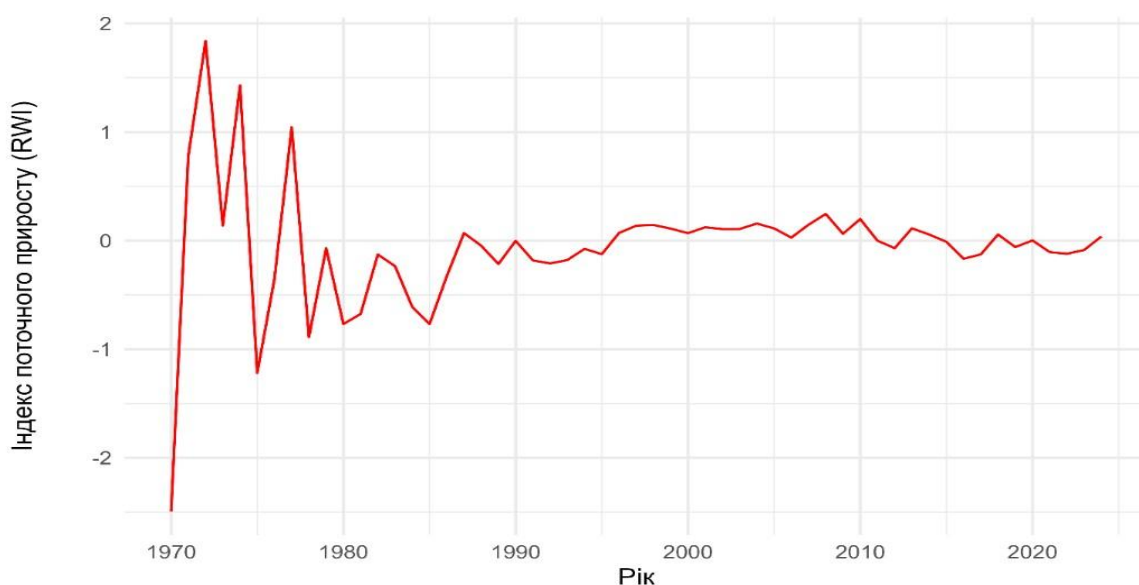


Рис. 3.6. Усереднений індекс поточного приросту для умов В₂. Відносний індекс ширини річного кільця RWI відображає нормалізовану варіацію радіального приросту незалежно від діаметра і віку дерева

Таким чином, насадження в умовах А₂ і В₂ по-різному реагують на кліматичні фактори. Деревя на бідних піщаних ґрунтах (А₂) залишаються чутливими до дефіциту вологи впродовж усього досліджуваного періоду. Натомість на багатших ґрунтах (В₂) приріст після 1990 року є відносно стабільним, що свідчить про кращі умови для водозабезпечення дерев і нижчу залежність від річних коливань опадів.

3.5. Динаміка річного приросту за площею перерізу дерев

Приріст за сумою перерізів розраховували за формулою:

$$z_g^{\text{пп}} = g_t - g_{t-1} = \pi \cdot (R_t^2 - R_{t-1}^2),$$

де g_t – площа перерізу дерева в t -му році утворення річного кільця, м²; g_{t-1} – площа перерізу дерева в $t-1$ -му році утворення річного кільця, м²; R_t – кумулятивний приріст за радіусом в t років; R_{t-1} – кумулятивний приріст за радіусом в $t-1$ років.

Величина поточного приросту за площею перерізів проявляє більш стійку динаміку приросту за роками, яка добре простежується залежно від розмірів дерев (рис. 3.7). Все ж, без використання унормованих значень, як це було зроблено за допомогою індексу RWI, виконувати узагальнення досить складно. Отримані результати вказують на необхідність уважного застосування вірних дендрохронологічних методик, які здатні ефективно виявляти багаторічні тенденції росту дерев.

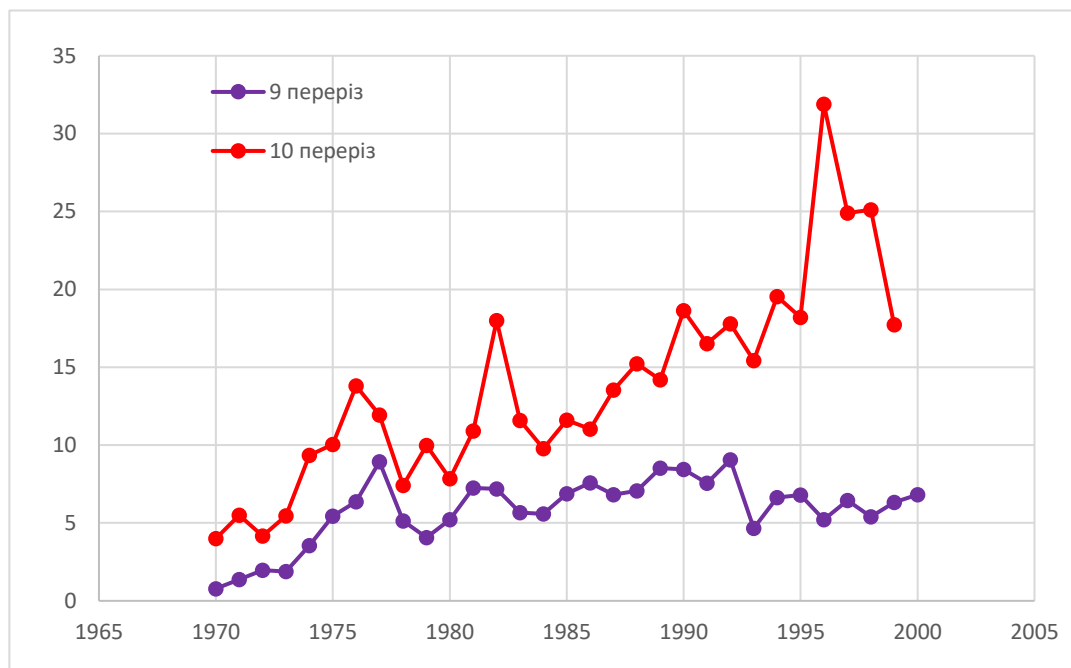


Рис.3.7. Зміна приросту прощі перерізу дерев різних розмірів

Аналіз поточного приросту за площею перерізу дерев двох розмірних категорій виявив суттєві відмінності в характері багаторічної динаміки. Дерево меншого розміру (9 переріз) демонструє відносно стабільну та помірну динаміку приросту впродовж усього досліджуваного періоду (1970–2000 рр.). Значення поточного приросту за площею перерізу коливаються в діапазоні від 1 до 9 см², з поступовим зростанням від мінімальних показників на початку 1970-х років до максимуму наприкінці 1980-х – на початку 1990-х років. Після 1993 р. спостерігається певна стабілізація на рівні 5–7 см², що може свідчити про досягнення фізіологічної зрілості та уповільнення камбіальної активності.

Дерево більшого розміру (10 переріз) вирізняється значно вищими абсолютними значеннями приросту та більш виразною міжрічною мінливістю.

Загальна тенденція є висхідною: від 4 см² на початку 1970-х років до максимального значення близько 32 см² у 1998 р. Упродовж 1975–1976 рр. та 1982 р. фіксуються локальні піки приросту, після яких відбувається короткочасне зниження. Найбільш інтенсивне зростання приросту спостерігається у період 1993–1998 рр., що може бути пов'язано зі сприятливими кліматичними умовами або зниженням конкурентного навантаження в деревостані. Після 1998 р. намічається помітне зниження приросту до рівня 17–25 см².

Порівняння двох дерев підтверджує загальновідому закономірність: більші дерева з більшим діаметром стовбура формують більший абсолютний приріст за площею перерізу, однак демонструють і більшу чутливість до зовнішніх чинників, що проявляється у значніших амплітудах міжрічних коливань. Натомість менші дерева характеризуються більш рівномірною динамікою приросту, що ускладнює безпосереднє порівняння без попередньої стандартизації даних за допомогою індексів типу RWI.

Висновки до 3-го розділу. Основними лімітуючими кліматичними чинниками для насаджень Камінь-Каширського надлісництва є: температурний режим зимово-ранньовесняного і літнього вегетаційного сезонів та кількість опадів упродовж активного росту камбію (травень–серпень). Умови А₂ (бір) характеризуються вищою чутливістю до дефіциту вологи впродовж усього дослідженого часового ряду, а хронологія RWI демонструє значні міжрічні коливання. Після 2015 р. спостерігається повернення до від'ємних значень індексу, що свідчить про наростання хронічного кліматичного стресу. Умови В₂ (субір) демонструють вищу стабільність приросту після 1990 р., що пов'язано з кращими водоутримувальними властивостями ґрунтів та загальним пом'якшенням зим у регіоні. Найбільш виражені стресові реакції зафіксовано у 1969–1986 рр. і пов'язані переважно з сувовими зимами та весняним дефіцитом вологи.

ВИСНОВКИ

1. Проведений літературний аналіз свідчить, що радіальний приріст є своєрідним індикатором реакції росту дерев на фактори зовнішнього середовища та антропогенного впливу.

2. У межах Камінь-Каширське надлісництво філії «Поліський лісовий офіс» ДП «Ліси України» було закладено 2 тимчасові пробні площі (ТПП), на яких проведено вибірку 20 зразків деревини для подальшого дослідження.

3. Проаналізовано лісівничо-таксаційну структуру підприємства та встановлено, що головною лісотвірною породою є сосна звичайна. Насадження характеризуються високою повнотою та переважанням середньовікових деревостанів, при цьому середній вік соснових насаджень становить 54 роки.

4. У результаті статистичної обробки дослідних даних для кожного прирісного керну одержано основні статистики розподілу ширини річних кілець.

5. Дані ширини річних кілець, отримані в результаті вимірювань, були підготовлені та імпортовані у середовище R.

6. У цілому результати аналізу підтверджують тісний зв'язок між кліматичними факторами та динамікою радіального приросту сосни звичайної: температура повітря та кількість опадів є головними чинниками, що визначають інтенсивність ростових процесів і структуру річних кілець.

7. Насадження в умовах по-різному реагують на кліматичні фактори. Дерева на бідних піщаних ґрунтах залишаються чутливими до дефіциту вологи впродовж усього досліджуваного періоду.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Андреева О. Ю. Біотична стійкість соснових насаджень Волинського і Житомирського Полісся: дис. докт. с.-г. наук : 06.03.03/ Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ, 2023. 413 с.
2. Ворон В.П., Коваль І.М., Сидоренко С.Г., Мельник Є.Є., Ткач О.М., Борисенко В.Г., Тимощук І.В., Бологов О.Ю. Пірогенна трансформація сосняків України. 2021. С. 105-120.
3. Зборовська О. В., Краснов В. П., Ландін В. П., Захарчук В. А. Радіальний приріст сосни звичайної на моренних відкладах Житомирського Полісся. Агроекологічний журнал. 2018. № 1. С. 3–13.
4. Іванюк І. Д., Іванюк Т. М. Радіальний приріст пристигаючих дубових деревостанів сугрудів центрального Полісся України. 2019. Наукові горизонти. Вип. 2. С. 50–57.
5. Коваль І. М. Дендрохронологічні засади оцінювання соснових і дубових деревостанів України: дис. докт. с.-г. наук: 06.03.03. Київ, 2021. с.216
6. Коваль І. М. Дендрохронологічні засади оцінювання соснових і дубових деревостанів України: монографія. Харків, 2023. 252 с.
7. Коваль І. М., Токарева Н. А., Невмивака М. О., Воронін В. О. Динаміка радіального приросту дерев, пошкоджених пожежею, в соснових насадженнях Лісостепової зони Харківщини. Науковий вісник НЛТУ України. 2016. Вип. 26(5). С. 82–88.
8. Левченко В., Ткаченко М., Адамович Б. Показники впливу кліматичних факторів та розвитку патогенів на радіальний приріст сосни звичайної // Матеріали 7-ї міжнар. наук.-практ. онлайн-конф. 2025. С. 19–28.
9. Левченко В. Б., Фучило Я. Д., Романюк А. А., Бельська О. В. Оцінка стійкості сосни звичайної та її реакції на кліматично-пірогенні фактори з використанням дендроіндикаційного методу в умовах Поліського природного заповідника. Об'єкти природно-заповідного фонду України: сучасний стан та шляхи забезпечення ефективної їх діяльності: збірник матеріалів Всеукраїнської

науково-практичної конференції (м. Київ, 27–28 червня (1 жовтня) 2024 р.). Київ. 2024. С. 103 – 109.

10. Леснік О. М., Блищик В. І., Одруженко А. І., Бегаль М. П. Ріст та фізіологічна стійкість соснових насаджень Волинського Полісся. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*. 2022. Вип. 13(1). С. 18-24

11. Леснік, О., Фесюк, М., Сіжук, О. Радіальний ріст дерев у насадженнях сосни звичайної Волинського Полісся. Наукові звіти Національного університету біоресурсів і природокористування України, 2026. Т. 22(2). С. 20-35

12. 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.

13. 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. № 28(8). С. 65–69.

14. Миронюк М. О. Вплив кліматичних умов на радіальний приріст сосни звичайної. Науковий пошук молоді для сталого розвитку лісового комплексу та садово-паркового господарства : тези доповідей учасників 78-ої Всеукр. наук.-практ. студ. конф. (Київ, 7 листопада 2024 р.). Київ : НУБіП України, 2024. С. 35-36.

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

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

17. Офіційний сайт ДП «Ліси України». URL: <https://e-forest.gov.ua/>

18. Приходько, Н. Ф., Парпан, Т. В., Голубчак, О. І., Приходько, М. М., Гудима, В. М. (2022). Радіальні прирости деревостанів рекреаційно-оздоровчих

лісів Придністровського Передкарпаття (Івано-Франківська область). Науковий вісник НЛТУ України, 32(5), 42-49.

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

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

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

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

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

24. Романенко В. А. Радіальний приріст дерев сосни звичайної в насадженнях ВП НУБіП України «Боярська лісова дослідна станція» за кліматичних змін: дис. докт. філософії : 205 «Лісове господарство» / Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ, 2024. 156 с.

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

26. СОУ 02.02–37–476 : 2006. Площі пробні лісовпорядні. Метод закладання. Введ. 26.12.2006. Київ : Мінагрополітики України, 2006. 32 с.

27. Cui M., Jiang Y., Xue F., Cao P., Kang M. Soil temperature explains radial growth of coniferous trees more effectively than air temperature in a cold-temperate mountain environment. Ecological Indicators. 2025. Vol. 176. DOI: [10.1016/j.ecolind.2025.113667](https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2025.113667)

28. 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. P. 123–134. DOI: [https://doi.org/ 10.2478/ffp-2019-0012](https://doi.org/10.2478/ffp-2019-0012)

29. Liliana Cuapio-Hernández, José Luis Reyes-Ortiz, Amparo Borja De La Rosa, Numa P. Pavón, Maritza López-Herrera, José Villanueva-Díaz, and Arturo Sánchez-González. Is There a Response Pattern between Radial Growth of Trees and Elevation Gradient? *Tree-Ring Research* 79(1),2023, 12-26, <https://doi.org/10.3959/TRR2021-19>

30. Zhao H., Xiang W., Wang B. et al. Unraveling radial growth patterns in tropical karst forests: A seasonal perspective. *Global Ecology and Conservation*. 2025. Vol. 62. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2025.e03848>

ДОДАТКИ

Додаток А.1. Вихідні дані ТПП №1

ТПП1.jpg Object 1		ТПП1.jpg Object 2		ТПП1.jpg Object 3		ТПП1.jpg Object 4		ТПП1.jpg Object 5	
Year	Width	Year	Width	Year	Width	Year	Width	Year	Width
1988	7,116	1986	4,293	1974	6,335	1993	15,909	1985	2,08
1989	2,599	1987	3,476	1975	1,864	1994	4,968	1986	1,644
1990	6,435	1988	2,721	1976	1,758	1995	7,238	1987	2,032
1991	5,198	1989	2,039	1977	2,823	1996	3,388	1988	1,81
1992	7,321	1990	2,731	1978	3,615	1997	1,188	1989	2,258
1993	4,354	1991	1,778	1979	3,275	1998	1,526	1990	7,233
1994	1,744	1992	5,335	1980	1,355	1999	2,119	1991	3,292
1995	3,048	1993	3,391	1981	2,388	2000	2,034	1992	2,599
1996	6,613	1994	6,099	1982	1,581	2001	2,371	1993	0,931
1997	4,754	1995	4,403	1983	3,226	2002	2,286	1994	2,484
1998	3,053	1996	4,29	1984	4,572	2003	2,117	1995	1,723
1999	0,864	1997	2,935	1985	3,641	2004	2,119	1996	1,611
2000	2,879	1998	3,048	1986	1,281	2005	1,442	1997	1,101
2001	3,387	1999	3,958	1987	0,847	2006	1,629	1998	2,117
2002	2,757	2000	2,938	1988	1,534	2007	2,54	1999	2,964
2003	3,43	2001	4,538	1989	1,101	2008	2,039	2000	2,034
2004	2,119	2002	3,951	1990	1,818	2009	1,442	2001	1,185
2005	2,039	2003	3,276	1991	1,693	2010	1,188	2002	1,863
2006	1,529	2004	3,05	1992	1,295	2011	1,273	2003	1,609
2007	1,572	2005	2,486	1993	1,016	2012	2,032	2004	2,117
2008	1,229	2006	1,919	1994	0,931	2013	1,609	2005	1,439
2009	1,445	2007	3,163	1995	1,439	2014	2,159	2006	1,188
2010	1,524	2008	3,394	1996	1,78	2015	1,864	2007	1,016
2011	1,651	2009	2,992	1997	1,78	2016	1,641	2008	0,935
2012	1,503	2010	3,05	1998	2,032	2017	1,524	2009	0,864
2013	1,865	2011	3,62	1999	0,762	2018	1,03	2010	1,355
2014	1,653	2012	3,163	2000	1,355	2019	1,309	2011	1,696
2015	1,907	2013	2,822	2001	2,637	2020	1,298	2012	1,315
2016	1,525	2014	3,057	2002	2,796	2021	0,903	2013	0,814
2017	1,524	2015	2,269	2003	2,444	2022	1,298	2014	0,847
2018	1,228	2016	2,145	2004	1,693	2023	1,411	2015	0,889
2019	1,656	2017	1,923	2005	1,187	2024	1,073	2016	1,017

ТПП1.jpg Object 1		ТПП1.jpg Object 2		ТПП1.jpg Object 3		ТПП1.jpg Object 4		ТПП1.jpg Object 5	
Year	Width	Year	Width	Year	Width	Year	Width	Year	Width
2020	1,919	2018	1,472	2006	1,3			2017	1,143
2021	1,342	2019	2,148	2007	1,073			2018	0,847
2022	1,806	2020	2,269	2008	1,253			2019	0,889
2023	1,75	2021	1,806	2009	1,59			2020	1,143
2024	1,638	2022	2,258	2010	1,298			2021	0,677
		2023	1,919	2011	1,073			2022	0,974
		2024	2,935	2012	1,609			2023	0,725
				2013	1,614			2024	0,935
				2014	1,482				
				2015	1,143				
				2016	1,312				
				2017	1,614				
				2018	1,273				
				2019	2,244				
				2020	2,288				
				2021	2,032				
				2022	1,88				
				2023	1,778				
				2024	2,691				

Продовження додатка А.1

ТПП1.jpg Object 6		ТПП1.jpg Object 7		ТПП1.jpg Object 8		ТПП1.jpg Object 9		ТПП1.jpg Object 10	
Year	Width	Year	Width	Year	Width	Year	Width	Year	Width
1981	3,557	1973	4,12	1986	2,945	1993	4,999	1995	11,287
1982	1,78	1974	4,416	1987	1,664	1994	3,282	1996	6,106
1983	1,768	1975	1,323	1988	1,871	1995	3,163	1997	3,473
1984	1,396	1976	1,727	1989	1,598	1996	2,382	1998	3,814
1985	1,02	1977	3,903	1990	2,456	1997	3,62	1999	5,425
1986	1,977	1978	4,423	1991	0,884	1998	4,409	2000	4,914
1987	3,218	1979	3,896	1992	4,491	1999	4,232	2001	5,798
1988	3,133	1980	6,944	1993	2,117	2000	4,973	2002	4,416
1989	3,896	1981	9,231	1994	1,396	2001	2,524	2003	2,54

ТПП1.jpg Object 6		ТПП1.jpg Object 7		ТПП1.jpg Object 8		ТПП1.jpg Object 9		ТПП1.jpg Object 10	
Year	Width	Year	Width	Year	Width	Year	Width	Year	Width
1990	3,049	1982	4,065	1995	0,9	2002	1,873	2004	3,218
1991	1,016	1983	5,087	1996	4,614	2003	2,269	2005	2,391
1992	1,357	1984	7,453	1997	4,421	2004	2,944	2006	3,161
1993	0,781	1985	3,257	1998	2,654	2005	2,719	2007	4,855
1994	0,762	1986	2,046	1999	2,771	2006	2,032	2008	2,935
1995	0,599	1987	6,498	2000	3,305	2007	1,919	2009	2,374
1996	1,524	1988	2,164	2001	3,169	2008	2,261	2010	2,712
1997	1,439	1989	2,395	2002	2,291	2009	2,374	2011	2,484
1998	2,032	1990	1,357	2003	3,951	2010	2,045	2012	2,935
1999	2,032	1991	3,856	2004	3,726	2011	2,045	2013	3,169
2000	1,609	1992	1,479	2005	3,274	2012	2,371	2014	2,843
2001	2,034	1993	1,865	2006	3,845	2013	2,258	2015	3,588
2002	2,456	1994	0,931	2007	3,726	2014	1,949	2016	3,057
2003	2,542	1995	1,27	2008	3,161	2015	2,261	2017	3,179
2004	2,034	1996	1,786	2009	3,048	2016	1,135	2018	2,668
2005	1,524	1997	1,78	2010	1,923	2017	1,581	2019	3,274
2006	2,203	1998	1,948	2011	1,234	2018	1,583	2020	2,955
2007	2,796	1999	2,117	2012	1,524	2019	1,188	2021	4,973
2008	1,609	2000	2,311	2013	1,863	2020	1,442	2022	3,726
2009	1,185	2001	2,119	2014	1,778	2021	1,186	2023	3,629
2010	0,873	2002	2,625	2015	2,202	2022	1,365	2024	2,494
2011	0,762	2003	2,88	2016	1,534	2023	1,445		
2012	1,229	2004	2,63	2017	1,185	2024	1,361		
2013	1,47	2005	2,469	2018	1,977				
2014	1,144	2006	1,863	2019	1,587				
2015	1,102	2007	1,442	2020	1,783				
2016	1,02	2008	1,609	2021	2,276				
2017	0,955	2009	1,188	2022	2,456				
2018	0,733	2010	1,81	2023	2,371				
2019	0,938	2011	2,612	2024	2,54				
2020	1,215	2012	1,581						
2021	1,388	2013	2,202						
2022	1,046	2014	1,693						
2023	1,364	2015	1,75						

ТПП1.jpg Object 6		ТПП1.jpg Object 7		ТПП1.jpg Object 8		ТПП1.jpg Object 9		ТПП1.jpg Object 10	
Year	Width	Year	Width	Year	Width	Year	Width	Year	Width
2024	1,442	2016	1,94						
		2017	2,076						
		2018	2,261						
		2019	2,148						
		2020	1,806						
		2021	2,391						
		2022	2,227						
		2023	1,863						
		2024							

Додаток: А.2. Вихідні дані ТПП №2

ТПП2.jpg Object 1		ТПП2.jpg Object 2		ТПП2.jpg Object 3		ТПП2.jpg Object 4		ТПП2.jpg Object 5	
Year	Width	Year	Width	Year	Width	Year	Width	Year	Width
1976	6,817	1974	17,462	1972	7,044	1974	8,928	1974	12,756
1977	5,176	1975	4,716	1973	3,928	1975	7,856	1975	4,585
1978	9,405	1976	3,417	1974	3,222	1976	8,474	1976	11,69
1979	6,689	1977	7,107	1975	3,928	1977	3,951	1977	15,245
1980	2,89	1978	5,08	1976	1,786	1978	3,282	1978	2,884
1981	3,727	1979	5,08	1977	4,152	1979	7,044	1979	3,726
1982	4,472	1980	4,527	1978	1,778	1980	4,63	1980	1,693
1983	3,898	1981	4,996	1979	1,524	1981	3,958	1981	2,039
1984	2,825	1982	3,65	1980	0,616	1982	3,067	1982	4,742
1985	1,933	1983	3,053	1981	2,311	1983	2,484	1983	4,064
1986	2,712	1984	2,292	1982	3,81	1984	3,067	1984	3,391
1987	2,494	1985	2,968	1983	2,884	1985	2,145	1985	2,879
1988	2,374	1986	2,288	1984	3,981	1986	2,258	1986	3,218
1989	1,298	1987	2,208	1985	4,658	1987	2,822	1987	2,484
1990	0,661	1988	2,203	1986	3,143	1988	2,626	1988	2,54
1991	0,854	1989	1,778	1987	2,63	1989	2,711	1989	1,806
1992	0,966	1990	2,208	1988	2,124	1990	2,84	1990	1,806
1993	0,677	1991	2,203	1989	2,456	1991	2,039	1991	2,032

ТНП2.jpg Object 1		ТНП2.jpg Object 2		ТНП2.jpg Object 3		ТНП2.jpg Object 4		ТНП2.jpg Object 5	
Year	Width	Year	Width	Year	Width	Year	Width	Year	Width
1994	0,677	1992	1,955	1990	1,949	1992	2,177	1992	1,814
1995	0,565	1993	1,355	1991	1,863	1993	2,742	1993	1,751
1996	0,621	1994	1,611	1992	1,524	1994	2,371	1994	1,242
1997	0,96	1995	1,239	1993	1,666	1995	2,721	1995	1,073
1998	0,919	1996	1,231	1994	2,374	1996	2,195	1996	1,81
1999	0,849	1997	1,312	1995	1,697	1997	2,597	1997	0,96
2000	1,129	1998	1,101	1996	1,242	1998	2,261	1998	1,187
2001	0,988	1999	0,847	1997	1,806	1999	2,992	1999	0,96
2002	1,13	2000	1,017	1998	1,81	2000	2,484	2000	0,734
2003	1,416	2001	0,634	1999	1,468	2001	2,372	2001	0,621
2004	0,839	2002	0,931	2000	1,581	2002	2,089	2002	0,624
2005	0,96	2003	0,875	2001	1,071	2003	2,395	2003	1,073
2006	1,018	2004	0,762	2002	1,242	2004	2,045	2004	0,96
2007	1,018	2005	0,621	2003	1,129	2005	1,693	2005	1,016
2008	1,638	2006	0,762	2004	1,74	2006	1,697	2006	0,79
2009	1,356	2007	0,762	2005	1,656	2007	1,82	2007	0,624
2010	1,356	2008	0,932	2006	1,482	2008	1,445	2008	0,621
2011	1,329	2009	0,994	2007	1,534	2009	1,78	2009	0,903
2012	0,714	2010	1,073	2008	1,693	2010	1,907	2010	0,966
2013	1,074	2011	0,875	2009	1,524	2011	1,609	2011	1,073
2014	0,79	2012	0,678	2010	1,567	2012	1,609	2012	1,524
2015	0,847	2013	1,135	2011	1,229	2013	1,524	2013	0,903
2016	0,687	2014	1,469	2012	1,603	2014	1,948	2014	0,734
2017	0,509	2015	1,13	2013	1,373	2015	1,609	2015	0,677
2018	0,427	2016	1,298	2014	1,242	2016	1,276	2016	0,734
2019	0,762	2017	0,905	2015	0,79	2017	1,744	2017	0,621
2020	0,734	2018	0,933	2016	0,734	2018	1,825	2018	0,565
2021	0,565	2019	0,781	2017	0,96	2019	1,185	2019	0,564
2022	0,282	2020	0,593	2018	1,135	2020	0,889	2020	0,734
2023	0,424	2021	0,508	2019	0,734	2021	0,974	2021	0,508
2024	0,565	2022	0,742	2020	0,79	2022	1,27	2022	0,395
	87,016	2023	0,762	2021	0,452	2023	1,271	2023	0,455
		2024	0,875	2022	0,623	2024	1,357	2024	0,395
				2023	0,52				
				2024	0,395				

Продовження додатка А.2

ТПП2.jpg Object 6		ТПП2.jpg Object 7		ТПП2.jpg Object 8		ТПП2.jpg Object 9		ТПП2.jpg Object 10	
Year	Width	Year	Width	Year	Width	Year	Width	Year	Width
1977	10,838	1975	18,127	1977	6,778	1971	8,387	1970	3,257
1978	5,419	1976	3,404	1978	7,113	1972	8,383	1971	5,927
1979	5,419	1977	4,576	1979	3,048	1973	5,93	1972	6,624
1980	5,43	1978	4,12	1980	3,981	1974	5,738	1973	6,471
1981	4,078	1979	4,65	1981	3,509	1975	2,989	1974	5,422
1982	4,403	1980	3,053	1982	3,007	1976	7,352	1975	3,726
1983	3,726	1981	0,864	1983	2,854	1977	6,21	1976	3,053
1984	4,12	1982	2,91	1984	2,5	1978	3,62	1977	6,639
1985	4,064	1983	3,637	1985	2,032	1979	4,416	1978	6,097
1986	4,455	1984	0,947	1986	1,807	1980	3,6	1979	8,136
1987	3,787	1985	1,104	1987	2,06	1981	3,169	1980	6,202
1988	3,454	1986	1,016	1988	1,469	1982	3,726	1981	5,199
1989	2,57	1987	1,796	1989	1,839	1983	4,066	1982	4,406
1990	2,032	1988	2,288	1990	2,806	1984	2,71	1983	3,257
1991	2,935	1989	1,357	1991	2,216	1985	1,242	1984	2,433
1992	2,484	1990	1,355	1992	2,039	1986	3,013	1985	2,202
1993	4,183	1991	1,696	1993	2,542	1987	3,048	1986	1,247
1994	1,919	1992	1,441	1994	2,983	1988	2,371	1987	4,296
1995	2,173	1993	0,677	1995	2,879	1989	2,599	1988	2,599
1996	2,71	1994	1,13	1996	3,388	1990	2,486	1989	6,395
1997	1,702	1995	1,142	1997	3,059	1991	1,555	1990	3,169
1998	1,524	1996	1,073	1998	3,303	1992	1,611	1991	1,359
1999	2,371	1997	1,309	1999	3,048	1993	1,403	1992	1,75
2000	1,863	1998	1,185	2000	2,794	1994	1,313	1993	1,637
2001	2,923	1999	1,524	2001	3,013	1995	1,313	1994	1,955
2002	2,71	2000	1,247	2002	2,29	1996	1,525	1995	1,751
2003	2,371	2001	1,581	2003	2,713	1997	1,863	1996	2,606
2004	2,202	2002	1,524	2004	4,193	1998	1,66	1997	2,484
2005	2,343	2003	1,694	2005	3,396	1999	1,231	1998	0,966
2006	2,5	2004	1,629	2006	3,476	2000	1,229	1999	3,174
2007	3,162	2005	1,309	2007	3,734	2001	1,355	2000	3,218
2008	2,944	2006	1,142	2008	2,964	2002	1,44	2001	3,107
2009	3,65	2007	0,644	2009	2,794	2003	1,143	2002	3,303
2010	2,597	2008	0,968	2010	2,794	2004	1,192	2003	2,629

Продовження таблиці А.3

Додаток А.3

Таблиця А.3

Показники середньомісячної температури за період 1970–2024 рр., метеостанція Любешів

Рік/місяць	січень	лютий	березень	квітень	травень	червень	липень	серпень	вересень	жовтень	листопад	грудень	середньорічна
1970	-6,6	-7	0	8,2	13,5	16,7	18	17	12,1	6,3	3,4	-1,1	6,7
1971	-4,8	-2,2	-2,1	7,2	15,4	16,3	17,9	18,7	11,1	7	1,6	1,7	7,3
1972	-10	-2,8	2	9,1	14,7	17,9	21,1	17,6	12,1	5,3	3,2	-0,9	7,4
1973	-4,6	0,1	1,9	7,9	12,9	16,4	18,7	17,2	11,7	5,9	0,7	-2	7,2
1974	-3,6	0,9	2,9	6,2	11,4	14,7	16,2	18,1	14,2	7,7	2,6	1,5	7,7
1975	1,4	-1	3,8	8	16,5	17,2	19	18,3	15,4	7,4	0	-0,6	8,8
1976	-5,4	-7,6	-2,3	8,2	11,9	14,9	17,9	15,3	12,8	5,2	5,3	1,6	6,5
1977	-0,4	0,4	4	6,7	13,8	17,1	16,6	16,2	10,9	7,8	3,9	-3,4	7,8
1978	-4,5	-6,2	2,7	7,2	11,6	15,3	16,5	16,4	10,4	7,8	4,5	-6,3	6,3
1979	-6,6	-7,3	1,1	6,3	15,4	19,7	14,9	17,7	13,7	5,3	1,5	0	6,8
1980	-8,1	-3,6	-3,4	6,5	9,9	15,8	17,2	16,4	12,9	8,6	1,2	-1,3	6,0
1981	-5	-2,4	2,3	5,2	15,1	18,1	18,6	16,4	13,6	8,8	2,1	-2,9	7,5
1982	-4,1	-4,1	1,9	5,7	13,9	15,1	17,8	18,1	14,9	8	3,6	1,1	7,7
1983	1,5	-3,9	2,7	10,2	16,3	16,6	17,8	17,6	14,7	8,2	1	-1,9	8,4
1984	-1,5	-4	-0,1	8,8	14,2	14,5	16,2	17,5	13,6	9,6	1,3	-2,1	7,3
1985	-10,9	-12,2	-0,4	8,6	15,4	15,4	16,7	18,6	11,5	7,8	-0,2	0	5,9
1986	-2,1	-10,3	0,9	9,9	15	16,9	18,1	18,2	10,5	7,1	3,5	-2,6	7,1
1987	15	-2,3	-4,3	6	13	16,7	18,6	15,1	12,3	7,1	2,7	-1,6	8,2

Продовження таблиці А.3

1988	-2	-1,3	0,7	7	15,8	16,3	20,1	17,5	13,6	6,5	-1,2	-1,8	7,6
1989	1,3	2,9	4,8	10	14,6	16,5	18,9	17,4	14	9,2	0,5	0,2	9,2
1990	0,9	4	6,1	9,1	13,6	16,9	16,7	17,1		48,4	4,7	-1	12,4
1991	-1	-5	2,5	7,5	11,6	16,8	19,5	18,2	14,2	7,7	3,4	-2,6	7,7
1992	-1,6	-0,7	3,6	6,6	12,9	18,2	19,2	21,3	12,4	5,5	2,6	-0,9	8,3
1993	-0,9	-2,4	0,3	8,3	16,2	15,5	16,5	16,5	11,3	8,1	-3,6	1	7,2
1994	1,7	-4,1	2,3	9,8	13	15,9	21,2	18,8	15,7	6,5	2	-1,4	8,5
1995	-2,9	2,3	2,8	8,4	13,6	18,2	20	18,2	13,1	9,3	-1	-5,9	8,0
1996	-8,5	-7,2	-2,9	8,3	17,2	17,2	17,11	18,3	10,4	8,7	5,9	-5,3	6,6
1997	-5,3	0,5	2,3	5,1	14,2	17,4	18,3	18,71	12,4	6,1	3	-3	7,5
1998	-0,1	2,1	1	10	14,3	18,5	18,1	16,3	13	7,4	-3,1	-4,3	7,8
1999	-1	-1,7	3,8	10,7	12,02	20,5	20,9	11,4	14,5	7,8	0,6	-0,2	8,3
2000	-2,6	1,5	2,8	12,3	14,8	17,2	16,8	17,9	10,9	10	5,9	1,5	9,1
2001	-0,9	-1,6	2,9	10,1	14,1	15,4	21,9	18,8	12,8	9,9	1,9	-6,5	8,2
2002	-1,7	3,3	4,4	9	16,5	17,1	21,5	19,5	13	10,6	7	-8,3	9,3
2003	-3,9	-6,6	1,2	6,8	16,6	16,8	19,9	18	13,1	5,8	4,7	0,2	7,7
2004	-5,4	-1,8	2,6	8,5	12	16,1	18,5	18,5	12,9	9,7	3,1	1	8,0
2005	0	-4,1	-1,1	9,5	13,5	16,4	20,1	17,5	14,7	8,7	2,3	-0,8	8,1
2006	-8,1	-5,7	-1,5	9,4	13,6	16,8	20,8	18,41	14,8	9,7	4,8	3	8,0
2007	2,4	-3,2	6,3	8,3	15,8	19	19,2	19,4	13,2	8	0,7	-0,8	9,0
2008	-1,1	1,7	3,7	9,8	13,1	17,5	18,5	18,8	12,6	9,6	3,8	0,4	9,0
2009	-3,1	-1,3	1,8	10,1	13,1	17	19,7	17,7	14,6	7,1	4,4	-2,7	8,2
2010	-9,1	-3,5	2,8	9,1	15,5	18,9	22,5	20,4	12,4	5,3	5,9	-4,9	7,9

Продовження таблиці А.3

2011	-2	-5	1,6	9,8	14,5	19	20	18,5	14,6	7,1	2,6	2	8,6
2012	-3	-9,1	-3,6	9,5	16	17,4	21,6	18,8	14,5	8,1	5,2	-4,5	7,6
2013	-4,5	-0,2	-2,3	8,7	16,9	19,2	19	18,9	12	14,7	5,8	3,5	9,3
2014	-4,4	0,7	6,4	10	14,6	16,3	21,1	18,8	13,7	7,9	3	-0,5	9,0
2015	0,7	0,2	4,9	8,2	13,6	18,2	19,8	21,4	15,4	6,6	4,7	2,7	9,7
2016	-4,7	2,8	3,5	10	15,2	19,4	20	19,3	14,7	6,6	1,8	-0,4	9,0
2017	-4,9	-2	6,1	7,7	13,9	18,1	18,7	20,2	14,1	8,5	3,5	2,1	8,8
2018	-1,3	-4	-1	13,3	17,5	18,6	13,9	20,5	15,6	9,8	2,3	-0,3	8,7
2019	-3,9	2	4,9	9,9	14,6	21,9	18,5	19,5	14,2	10,6	5,9	2,6	10,1
2020	1,4	2,6	4,5	8,2	11,8	19,4	19,3	19,6	15,4	11	5,1	0,7	9,9
2021	-2,3	-3,7	2,4	6,8	13,2	20,1	23,1	17,3	12,2	8,3	4,8	-2,3	8,3
2022	-0,5	2,2	2,5	6,6	13,6	20	19,3	15,3	11,3	10,4	3,1	-1,1	8,6
2023	1,8	0,5	4,2	8,9	13,9	17,8	20,1	21,4	17,4	10,5	3,2	0,8	10,0
2024	-2,6	4,5	5,4	27	15,9	19,4	21,6	20,9	17,9	9,6	3,1	0,8	12,0

Додаток А.4

Таблиця А.4

Показники щомісячної суми опадів за період 1970–2024 рр., метеостанція Любешів

Рік/місяць	січень	лютий	березень	квітень	травень	червень	липень	серпень	вересень	жовтень	листопад	грудень	сумарно за рік
1970	81,6	38,6	22,1	46,7	60,6	97,7	89,9	65,8	98,7	63,2	65,5	65,8	796,2
1971	35,4	38,5	20,3	40,4	36,5	98,1	22,1	36,6	89,7	34	19,7	35,2	506,5
1972	37,8	7,8	21,9	27,7	43,2	63,2	74,5	93,6	67,5	52,8	59	3,8	552,8
1973	6	82,9	16,7	24,1	105,1	57	123,6	6,5	55,3	66,4	39,8	30,8	614,2
1974	12,8	23,1	6	11,3	59,5	186,8	117,3	45,7	103,2	153,9	52,9	76	848,5
1975	31,9	5,7	17,8	108,4	90,1	82,6	100	15,8	46,8	53,5	10,6	34,9	598,1
1976	78,3	2,5	70,6	18,4	56,1	35,5	108,3	49,9	84,6	9,1	190	49,6	752,9
1977	27,3	11,6	82	76	70	71	78	80	79	81	90	18,7	764,6
1978	14,5	5,7	24	43,6	73	52,7	38,6	83,6	113,7	20,4	17,7	42,4	529,9
1979	32,8	9,5	16,5	16,2	13,7	9	13,2	13,3	11	0,4	5,5	38,5	179,6
1980	20,1	14	6,9	26,1	7,5	22	88,8	33,6	31,8	12,6	21,9	7,4	292,7
1981	33,5	31,3	22	9,9	32,6	106,3	79,9	48,4	15,3	78	73,2	85,6	616
1982	25,9	28,2	9,9	27	81	57,1	62,1	31,3	42,5	58,2	31,2	70,5	524,9
1983	43,9	41,9	64,25	6,3	64,8	79,1	59,4	17	37	18	23,8	26,4	481,85
1984	42,7	18	29,3	3,3	120,9	90,2	138,1	6,4	134,9	43,9	30,3	23,7	681,7
1985	35	26,4	34,1	48,2	61,7	89,6	92,2	24,3	56,4	23,6	42,6	44,3	578,4
1986	46,3	29,8	17,8	30,6	20,3	75,1	47,5	76,7	42,1	21,3	34,6	16,5	458,6
1987	34,8	13,6	44	25,9	63,9	87,1	30,5	29,7	40,3	24	40,3	57,4	491,5

Продовження таблиці А.4

1988	46,1	26,6	39,5	33,8	49,9	141,5	77,9	75,1	44,6	8,9	40	39,1	623
1989	16,2	20,6	24,9	43,9	43,9	186,7	36,8	74,7	32,2	46,6	45	37,7	609,2
1990	21,6	23,7	27,1	49,3	36,1	57,2	104,8	85,2	32,4	21,2	57,6	24,7	540,9
1991	15,3	39,2	3,9	36,1	81,2	158,9	181,3	42	61,5	28,7	29,9	25,3	703,3
1992	14,7	31,1	24,2	24,1	75,4	47	66	14,4	136,2	108,6	65,2	12,7	619,6
1993	33,7	25,1	23,3	22,2	46,3	68,4	150,1	37,5	59,8	26,3	16,9	52,8	562,4
1994	45	18,7	73,7	33,5	49,3	22,1	1	45,1	103,9	61,7	38	61	553
1995	20,7	51	48,6	46,8	25	101,9	45,9	54,1	56,8	8,3	47,7	21,8	528,6
1996	29,8	35,4	28,3	42,1	72,8	73,6	79,1	42,3	49,4	23,4	38,5	41,2	555,9
1997	17,2	12,9	26,6	39,3	77,7	65,4	172,7	27	37,9	74,5	74,5	76,2	701,9
1998	18,4	27,6	53,8	51,3	35,4	89,4	165,7	65,4	107,1	51,9	47,8	45,7	759,5
1999	19	66,4	40,5	61,1	27,7	80,8	106,9	84,2	78,8	31,1	64,7	36,2	697,4
2000	40,1	28,1	64,7	46	24,2	94,6	161,8	38,7	62,6	3,9	24,3	58,2	647,2
2001	34,9	23,6	35,2	11,1	19,6	117,7	94,8	60,3	153,9	28,2	41,9	36,3	657,5
2002	36,9	50,6	25,7	52,2	47,6	88,7	71,7	17,4	19,2	82,5	32,9	33,5	558,9
2003	26,2	39,9	17,2	67	54,5	60,3	122,4	45,7	20,1	69,4	26,8	251	800,5
2004	43	63,8	44,4	52,4	71,8	82,6	67	101,1	31,6	43,7	75,4	24,9	701,7
2005	42,3	48,9	53,8	49,7	108,7	31,2	27,2	103,8	5,4	15	35,3	61,7	583
2006	20	38,1	56,4	26,2	52,3	39,3	121,1	236,8	16,3	24,2	37,5	29,6	697,8
2007	82	43,5	32,8	27,7	113	43,9	161,4	67,6	48,9	20,9	34,4	19,4	695,5
2008	66,5	30,5	48,1	60	78	51,2	137,1	99,1	101,5	37,3	36,8	29,7	775,8
2009	39	33,8	79,6	29,5	112,6	168,5	75,5	30,6	29,2	111,4	53	69	831,7
2010	36	34	13,7	36,2	92,2	117,7	69,1	169	116,3	21,4	92,9	70,1	868,6

Продовження таблиці А.4

2011	34,2	40,2	13,3	42	19,5	46,2	170,4	74,9	19,7	33,8	6,9	37,1	538,2
2012	53	25,3	26,1	67,8	35,4	134,3	39,5	140,8	44,7	45,4	27,1	67,4	706,8
2013	87,9	26,9	67	39,2	110,2	76,4	60,9	23,7	102,5	27,1	68,3	29	719,1
2014	42,8	13,8	24,2	17,5	165,1	70,4	47,9	109,4	44,8	10,8	35,7	51,9	634,3
2015	38,1	12,3	27,1	26	69	13,5	55,2	3,1	110,3	31,9	67,1	42,7	496,3
2016	72,8	50,4	43,6	57,4	54,1	24,3	92,9	27,3	7,9	119,2	66,5	60,3	676,7
2017	36,6	43,4	51,6	52,7	50,2	66,8	66,1	11	86,3	96,9	42,6	66,9	671,1
2018	34,8	25,9	48,1	24,3	44,2	31,5	104,4	41,4	33,9	58,4	17,5	87,7	552,1
2019	49,7	8,6	22,8	16,9	129,7	19	48,2	52,1	22,2	28,8	64,4	31,2	493,6
2020	29,2	39,1	19,6	13,1	79,2	142,2	91,3	86,2	73,5	55	38,3	35,8	702,5
2021	68,8	41,8	23,2	50,2	59,2	27,8	71,1	137,2	81,7	1,3	37,8	47,2	647,3
2022	49,1	33,7	8,6	73,1	36,2	44,5	122,8	55,8	90,7	72,7	30,5	111,4	729,1
2023	51,8	45,5	82,1	52	13,4	62,7	103,6	63,6	17,8	84,8	41,6	80	698,9
2024	74,2	50,2	30,3	67	32,4	97,8	115,4	25,8	44,7	37,4	27,5	18,2	620,9