

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна  
Навчально - науковий інститут екології  
Кафедра екологічного моніторингу та заповідної справи

## **КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

бакалавра

на тему

### **ЗАЛЕЖНІСТЬ РАДІАЛЬНОГО ПРИРОСТУ СОСНИ ВІД ЗМІНИ КЛІМАТУ У ЗЕЛЕНІЙ ЗОНІ м. ХАРКОВА**

Виконав: студентка 4 курсу, групи ДЕ-41  
спеціальності : 101 «Екологія»

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Автор \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ Ія ЗІНЧЕНКО  
(підпис) (ім'я та прізвище)

Керівник \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ Ірина КОВАЛЬ  
(підпис) (ім'я та прізвище)

Рецензент \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_  
(підпис) (ім'я та прізвище)

*«До захисту допущено»*

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ / Надія МАКСИМЕНКО  
(підпис) (ім'я та прізвище)

Нормоконтроль \_\_\_\_\_ / Юлія МІРОШНИК  
(підпис) (ім'я та прізвище)

Секретар ЕК \_\_\_\_\_ / Раїса САВІЦЬКА  
(підпис) (ім'я та прізвище)

Харків – 2021 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені В. Н. КАРАЗІНА

Навчально-науковий інститут екології  
Кафедра екологічного моніторингу та заповідної справи  
Рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень) бакалавр  
Спеціальність 101 Екологія

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедри**

\_\_\_\_\_ / проф. Надія МАКСИМЕНКО  
підпис ім'я та прізвище

“26” травня 2020 року

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЕКТ)**

\_\_\_\_\_ ІІ ЗІНЧЕНКО

(ім'я та прізвище)

1. Тема роботи Залежність радіального приросту сосни від зміни клімату у зеленій зоні м. Харкова

керівник роботи Ірина КОВАЛЬ, к. с.-г. н., доц.

(ім'я, прізвище, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «15» березня 2021 року № 0210-05/467

2. Строк подання студентом роботи \_\_\_\_\_ 27. квітня 2021 р.

3. Перелік питань, які потрібно розробити

1. Огляд наукової, нормативно-правової літератури за темою дослідження.

2. Рекомендації щодо вирощування сосни звичайної в насадженнях зеленої зони м. Харкова степу в умовах змін клімату.



АНОТАЦІЯ  
ЗАЛЕЖНІСТЬ РАДІАЛЬНОГО ПРИРОСТУ СОСНИ ВІД ЗМІНИ КЛІМАТУ  
У ЗЕЛЕНІЙ ЗОНІ м. ХАРКІВ

Ія ЗІНЧЕНКО

Кваліфікаційна робота «Залежність радіального приросту сосни від зміни клімату у зеленій зоні м. Харків» містить 35 сторінок, 3 розділи, 2 таблиці, 12 рисунків, 26 використаних джерел.

*Мета роботи:* дослідити динаміку радіального приросту сосни звичайної (*Pinus Sylvestris L.*) в насадженні зеленої зони м. Харків в умовах змін клімату.

*Актуальність.* Зелені зони м. Харкова несуть важливу екологічну функцію. Вони є важливою частиною екосистем, забезпечують біорізноманіття в місті на локальному рівні, створюють сприятливий мікроклімат та рекреаційні умови, а також виконують захисні функції (грунту, повітря тощо). Потепління клімату призводить до ослаблення насаджень, тому надзвичайно важливим є вивчення реакції лісових екосистем на зміни клімату.

*Завдання:* дослідження передбачало аналіз залежності радіального приросту сосни від зміни клімату.

*Методи:* в роботі використані таксаційні, дендрохронологічні та математико-статистичні методи.

*Результати.* Для дослідження було відібрано 15 зразків деревини в насадженнях мікрорайону Велика Данилівка м. Харкова. Реперні роки мінімального радіального приросту виявлено у 1936, 1956, 1972, 1975, 1987, 1992, 2002 та 2012 рр. Реперні роки максимального приросту зафіксовано у 1938, 1947, 1971, 1983, 1997, 2008 рр. Роки мінімального приросту обмежуються холодними або надзвичайно теплими зимами та посухами упродовж вегетаційного періоду. Приріст також обмежують екстремальні холодні та теплі зими, низькі, або навпаки високі ранньовесняні температури. Зміни клімату призвели до підвищення чутливості радіального

приросту сосни в останні роки, про що свідчить збільшення значущих кореляцій між кліматичними чинниками та приростом у 1989-2020 рр. в порівнянні з 1960-1988 рр. Ц свідчить про ослаблення насадження.

РАДІАЛЬНИЙ ПРИРІСТ, КЕРН, СОСНА ЗВИЧАЙНА, ЗМІНИ  
КЛІМАТУ

ANNOTATION  
DEPENDENCE OF PINE RADIAL GROWTH ON CLIMATE CHANGE IN  
THE GREEN ZONE OF KHARKIV

Iya ZINCHENKO

The qualification work «Dependence of pine radial growth on climate change in the green zone of Kharkov» contains 35 pages, 3 sections, 2 tables, 12 figures, 26 used sources.

*Aim:* to study the dynamics of radial growth of Scots pine (*Pinus Sylvestris* L.) in the stand of Kharkiv green zone in the conditions of climate change.

*Relevance.* The green zone of Kharkiv has an important ecological functions. It is an important part of ecosystems that provide biodiversity in the city at the local level, create a favorable microclimate and recreational conditions, as well as perform protective functions. It is extremely important to study the response of forest ecosystems to climate change.

*Methods:* taxonomic, dendrochronological and mathematical-statistical methods are used in the work.

*Main results.* 15 cores were taken in the stand of the Velyka Danylivka, district of Kharkiv. The pointer years of minimum radial growth were detected in 1936, 1956, 1972, 1975, 1987, 1992, 2002 and 2012. The pointer years of the maximum radial growth were revealed in 1938, 1947, 1971, 1983, 1997, 2008. The years of minimum radial growth are limited to extremely cold or very warm winters and droughts during the growing season. The increase is also limited by extreme cold and warm winters, as well as low or high early spring temperatures. Climate change has led to an increase in the sensitivity of the pine radial growth in last 30 years years, as evidenced by the increase in significant correlations between climatic factors and radial growth in 1989-2020 compared to 1960-1988.

RADIAL GROWTH, CORE, PINE PINE, CLIMATE CHANGE

АННОТАЦИЯ  
ЗАВИСИМОСТЬ РАДИАЛЬНОГО ПРИРОСТА СОСНЫ ОТ ИЗМЕНЕНИЯ  
КЛИМАТА В ЗЕЛЕННОЙ ЗОНЕ Г. ХАРЬКОВ

Ия ЗИНЧЕНКО

Квалификационная работа «Зависимость радиального прироста сосны от изменения климата в зеленой зоне г. Харькова» содержит 35 страниц, 3 раздела, 2 таблицы, 12 рисунков, 26 использованных источников.

*Цель работы:* исследовать динамику радиального прироста сосны обыкновенной (*Pinus Sylvestris* L.) в насаждении зеленой зоны г. Харьков в условиях изменений климата.

*Актуальность.* Зеленая зона г. Харькова имеет важную экологическую функцию. Она является важной частью экосистем, обеспечивающих биоразнообразие в городе на локальном уровне, создает благоприятный микроклимат и рекреационные условия, а также выполняют защитные функции (почвы, воздуха и т.д.). Потепление климата приводит к ослаблению насаждений, поэтому чрезвычайно важно изучение реакции лесных экосистем на изменения климата.

*Задача:* исследование предусматривало анализ зависимости радиального прироста сосны от изменений климата.

*Методы:* в работе использованы таксационные, дендрохронологические и математико-статистические методы.

*Результаты.* Для исследования было отобрано 15 образцов древесины в насаждениях микрорайона Большая Даниловка м. Харьков. Реперные годы минимального радиального прироста выявлены в 1936, 1956, 1972, 1975, 1987, 1992, 2002 и 2012. Реперные годы максимального радиального прироста зафиксированы в 1938, 1947, 1971, 1983, 1997, 2008. Годы минимального прироста ограничиваются холодными или очень теплыми зимами и засухами в течение вегетационного периода. Прирост также ограничивают экстремальные холодные и теплые зимы, а также низкие, или наоборот высокие ранневесенние температуры. Изменения климата привели

к повышению чувствительности радиального прироста сосны в последние годы, о чем свидетельствует увеличение значимых корреляций между климатическими факторами и радиальным приростом в 1989-2020 гг. по сравнению с 1960-1988 гг. Это свидетельствует об ослаблении насаждения.

РАДИАЛЬНЫЙ ПРИРОСТ, КЕРН, СОСНА ОБЫКНОВЕННАЯ,  
ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	10
РОЗДІЛ 1. РАДІАЛЬНИЙ ПРИРІСТ ЯК ІНДИКАТОР СТАНУ СОСНОВИХ НАСАДЖЕНЬ .....	12
1.1 Дендрохронологія в світі і Україні.....	12
1.2 Радіальний приріст як інтегральний показник стану насаджень під впливом клімату.....	15
1.3 Вплив змін клімату на лісові екосистеми.....	17
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ.....	19
2.1 Характеристика об'єкту.....	19
2.2 Польові роботи та відбір зразків.....	20
2.3 Камеральні роботи та аналіз даних.....	21
РОЗДІЛ 3. РАДІАЛЬНИЙ ПРИРІСТ СОСНИ ПІД ВПЛИВОМ КЛІМАТУ В ЗЕЛЕНІЙ ЗОНІ м. ХАРКІВ.....	23
3.1 Динаміка радіального приросту сосни в сосновому масиві Харківського мікрорайону Велика Данилівка.....	23
3.2 Аналіз радіального приросту сосни в умовах зміни клімату...	27
ВИСНОВКИ.....	31
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	33

## ВСТУП

*Актуальність теми.* Зелені зони м. Харкова несуть важливу екологічну функцію. Вони є важливою частиною екосистем, забезпечують біорізноманіття в місті на локальному рівні, створюють сприятливий мікроклімат та рекреаційні умови, а також виконують захисні функції (грунту, повітря тощо). Потепління клімату призводить до ослаблення насаджень, тому надзвичайно важливим є вивчення реакції лісових екосистем на зміни клімату.

*Мета дослідження:* дослідити вплив змін клімату на радіальний приріст сосни звичайної (*Pinus sylvestris L.*) в насадженнях мікрорайону Велика Данилівка м. Харкова та виявити головні кліматичні чинники, які впливають на формування річної деревини.

*Об'єкт дослідження:* сосна звичайна в насадженні зеленої зони м. Харків.

*Предмет дослідження:* динаміка радіального приросту сосни звичайної в м. Харків.

*Завдання дослідження:*

- зробити літературний огляд;
- відібрати зразки (керни) деревини з досліджуваних сосен;
- виміряти шари річної деревини;
- встановити вплив місцевого клімату на радіальний приріст в насадженні зеленої зони м. Харків.

*Методи дослідження.* В цій роботі застосовані такі методи, як таксаційні (вік насадження, діаметр та висота дерев), дендрохронологічні (швидкий спосіб дізнатись про стан дерев за весь час його існування). Ці два методи допомагають розкрити тривалість негативного впливу та реакцію кожного дерева на різкі зміни клімату, ураження шкідниками, реакцію на хвороби тощо. Зокрема дендрохронологічний метод дозволить виявити динаміку радіального приросту сосни звичайної на досліджуваній території.

Окрім цього застосовано комплекс математико-статистичних методів, а саме кореляційний аналіз для встановлення залежності між щорічною зміною кліматичних умов та радіальним приростом сосни звичайної.

# РОЗДІЛ 1

## РАДІАЛЬНИЙ ПРИРІСТ ЯК ІНДИКАТОР СТАНУ СОСНОВИХ НАСАДЖЕНЬ

### 1.1 Дендрохронологія в світі і Україні

Для прогнозування коливань природніх процесів, тенденції кліматичних умов та вплив антропогенних змін на довкілля вчені користуються вивченням минулого. Один з таких напрямів вивчає річні кільця дерев, які несуть в себе інформацію за тисячу років тому [1, 8, 11, 18]. Через те, що біологічні об'єкти є дзеркалом стану навколишнього середовища та безпосередньо пов'язані з його елементами, вони є універсальною базою для такого способу дослідів. Саме за допомогою дендрохронології можна оцінити коливання річних температур, вологості, сприятливості умов, вплив людини, кількість світла, пожежі або найсприятливіший рік для рослин на певній території [18, 21].

Дендрохронологія – деревино-кільцевий аналіз – це наука, яка займається вивченням мінливості річного приросту деревини, виявленням чинників, що визначають цю мінливість, датуванням подій, які впливають на приріст рослин, реконструкцією умов оточуючого середовища [8, 16, 18].

За допомогою дендрохронологічного методу можливі реконструкції:

1. Кліматичних умов в минулому (посухи, заморозки, довготривалі похолодання, вологість, сприятливість кліматичних умов для певної території або екосистеми і т. п.).

2. лісових пожеж;

3. нападів листогризучих комах;

4. коливань рівня води в озерах і річках;

5. змін меж льодовиків, а також лавини і сілі;

6. великих вивержень вулканів;

7. спалахів на Сонці і появи наднових зірок [14, 15, 21].

В світі існує чимало визначень дендрохронології, тому її ще поділяють на дендрохронологію, яка лише зіставляє річні кільця і події минулого, та дендрокліматологію, яка вивчає саме реконструкцією минулих кліматичних умов [8, 14, 15].

Вчені у своїх досвідах використовують деревні рослини як індикатор впливу антропогенних факторів на лісові екосистеми. Через це з'явився такий розділ як дендроіндикація. Дендроіндикація – виявлення природних коливань природних процесів і екологічно значущих антропогенних змін на основі реакції на них деревних рослин і їх спільнот [8, 17].

Основні етапи таких досліджень складаються з забору, обробки та аналізу деревних зразків (кernів) різних порід дерев (приблизно від 15 штук) на досліджуваній території. Збір матеріалу роблять за допомогою шведських буравів. той матеріал потім обробляється і перетворюється в тимчасові ряди, які називаються деревино-кільцевою хронологією [2].

Історія. Дендрохронологія як самостійна наука з'явилася у 19 столітті. Тривалий етап накопиченню, обробці, аналізу, зіставлення та дослідів про мінливість річних кілець був поштовхом її зародження [11, 18].

Люди ще в давнину цікавились річним приростом деревини. Один з таких вчених - грецький ботанік Теофраст (371 - 287 до н. е.). Він виявив, що деревина дерев має кільця. Пізніше про це писав Леонардо да Вінчі, в своїй роботі «Trattato della Pittura» вказав на утворення кілець у дерев та залежність їх товщини від кліматичних умов щорічно. У 1737 році двоє французьких вчених Анрі-Луї Дюамель дю Монсо і Жорж-Луї Леклерк де Бюффон при дослідженні впливу умов вирощування вищих рослин на росту річних кілець зрозуміли що мороз та холодна зима була чинником утворення темного річного кільця. У 1833 році американець Олександр Кетлін Твінінг запропонував зіставити закономірність кілець дерев різної породи з кліматичними умовами, щоб відновити стан клімату минулого певній території. А через два роки англієць Чарльз Беббідж запропонував використовувати вже померлі дерева, і залишки в торф'яних болотах або

навіть в геологічних шарах для даних в дендрохронології. І тільки другій половині дев'ятнадцятого століття почалося наукове вивчення річних кілець і поширене застосування дендрохронології [17].

Першими науковими дендрохронологічними дослідженнями вважаються роботи американця Д. Кюхлера (Kuechler, 1859), австрійського вчителя гімназії Покорни (Pokorny, 1869), датського лісознавця Д. Кептейна (Karpeyn, 1914) російського кліматолога Ф.Н. Шведова («Дерево как летопись засух», 1892) [12].

Засновником сьогоденної дендрохронології є американський астроном А. С. Дуглас, який почав свої дослідження стосовно цієї області приблизно у 1901 р. Спочатку він вивчав тільки взаємозв'язок між мінливістю річних кілець, коливаннями клімату і сонячним випромінюванням. А тільки потім відкрив принцип перехресного датування, яке передбачає відображення кліматичних умов на ширині деревних кілець. (Румянцев Д. Е., 2009). Окрім Дугласа це підтвердив кліматолог Лемба на своїх матеріалах динаміки приросту дерев. Йому вдалося довести синхронність змін кліматичних факторів у Північній і Південній півкулях [18, 12].

На даний час в світі існують побудовані ряди динаміки приросту основних деревних порід для Європи і Північної Америки за останні 7-10 тисяч років [17].

На території України дослідження в області дендрохронології розпочались у 60х роках 20 ст., завдяки яким є побудовані ряди динаміки основних деревних порід за останні 300-400 років із ростучих дерев та за 1000-1100 років з використанням деревини старих будівель, ікон, археологічних об'єктів, викопної з торфів та заплав рік по сосні і дубу [17].

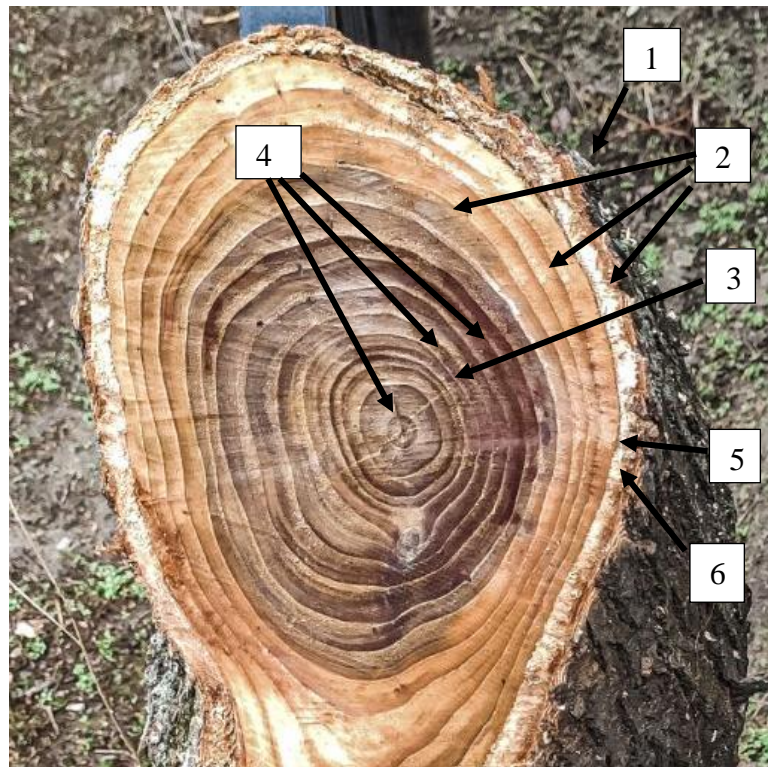
Доктор біологічних наук М. В. Ловеліус (Ботанічний Інститут, Санкт Петербург) та Ю. І Грицан (біолого-екологічний факультет Дніпровського державного університету) разом вивчали радіальний приріст дерев більш ніж 30 порід. За допомогою них в Україні з'явилися дослідження по 31 лісовому масиву у всіх природних зонах. Окрім них зробив внесок к цю науку

А. Д. Шовган. Він вивчав радіальний приріст сосни звичайної у Карпатах та Українському Поліссі та розрахував прогноз приросту сосни звичайної до 2010 р. З його досліджень визначили оптимальні терміни проведення заходів щодо збільшення приросту дерев [17, 18].

За допомогою дендрорядів, які почали складати в 60х роках 20 ст., датувалася деревина із історичних та археологічних об'єктів, які розробляли на той час у Львівській науково-реставраційній виробничій майстерні та в Інституті Суспільних Наук. Ці дані радіального приросту було використано для визначення ізотопів вуглецю. У лабораторії екології УкрНДІЛГА почали вивчати радіальний приріст починаючи з 70-х років ХХ ст. Метою цих досліджень було виявлення впливу клімату, рекреації та забруднення природного середовища ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{NH}_3$ ) на формування річного кільця сосни, бука, дуба в різних природних зонах України [17, 18].

1.2 Радіальний приріст як інтегральний показник стану насаджень під впливом клімату

Один з найважливіших етапів росту дерев є щорічний радіальний приріст деревного стовбура, скільки стовбур є системою для живлення всього дерева та виконує функцію опори. Він має найважливіший утворюючий шар – камбій [2, 11]. Камбій – це вторинна меристематична тканина з живих клітин, що розташована між деревиною та лубом. Він здатен ділитися на дві вузькі клітини (тангентально) в сторону деревини та в сторону луба. Одна з клітин так і залишається камбієм, а друга, або становиться частиною нового річного кільця, або створює флоему (коли звернена до кори). Цей шар тканин завжди інтенсивніше ділиться в сторону серцевини, ніж в сторону кори [9, 11, 26]. Камбій – чинник радіального приросту вищих рослин (рис. 1.1).



1 - Кора. 2- річні кільця. 3 - ядро. 4 – серцевинні промені, 5 – кадмій. 6- луб.

Рис.1.1 – Поперечний розріз стовбура

Більш сприятливі умови для спостереження радіального приросту дерев знаходяться в помірній та холодній кліматичних зонах, оскільки на цих територіях чітко виражена зміна сезонів року [18]. Оскільки для росту вищих рослин треба сприятливі умови та багато факторів впливають на швидкість радіального росту стовбура, то звичайно в помірному поясі зростання дерев буде припадати на весняний період року [2].

Через зміну кліматичних умов року в помірній та холодній зоні клімату, спостерігається періодична активність камбіального шару, як відображення дійсності. На цих територіях з'являється два шари приросту за вегетаційний період: рання деревина (світлий шар) та пізня деревина (темний шар). На початку вегетативного періоду дерева формують «ранню деревину», яку у хвойних дерев складають великі і тонкостінні клітини, а у листяних, крім того, і великі судини. За допомогою клітин такого типу, дерево отримує живлення до кожного листу. А в кінці періоду росту формується «пізня деревина», яку утворюють більш дрібні і товстостінні клітини. Цей шар

клітин з відсутністю або меншою кількістю судин добре відрізняється від попереднього більш темним. «Пізня деревина» є каркасом для дерева, вона виконує функцію підтримки та міцності дерева [10, 12, 20].

Через поступову зміну температури та впливаючих умов на ріст та перехід між клітинами ранньої та пізньої деревини зазвичай такий самий – поступовий, а між кільцями торішньої «пізньої деревини» та нової «ранньої деревини» – різкий. Це дозволяє досить легко розрізняти річні кільця [18]. Однак окрім постійно змінюваних кліматичних умов вплив на ріст кілець завдає накладення техногенні чинники, пожежі, шкідники, хвороби дерев та інші. Ці чинники сильно змінюють внутрішні ритми розвитку та ускладнюють виділення окремих факторів, такий як клімат [14, 25]. Так у помірних широтах кожному року формується одне річне кільце. Але бувають випадки формування одного або декілька шарів з темних клітин через різко несприятливі умови для росту дерев. Це можуть бути весняні заморозки, тимчасові літні посухи, шкідники, інтенсивне антропогенне навантаження через викиди забруднюючих речовин у атмосферу і т. д). Такі шари схожі на шари вегетаційного періоду всередині річного кільця, але вони є «помилковими», а річні кільця, що складаються з помилкових кілець називають множинними. Наявність таких кілець ускладнює точність вимірів і датування річних кілець [11, 21].

### 1.3 Вплив змін клімату на лісові екосистеми

Відомо що за останнє століття середньорічна температура повітря на території України підвищилась на 0,4-0,6°C. На південному сході України, де саме було відібрано зразки, кількість опадів збільшилася на 15 % [6, 10]. Найінтенсивніше потепління клімату в Україні простежується з 1988–1989 рр., коли помітно зросла середньомісячна температура січня, лютого і літніх місяців та дещо понизилась у листопаді та грудні [22].

Через постійне підвищення середньорічних температур та нестабільність кількості опадів в світі змінюються кліматичні умови. Це може призвести до незворотних змін в екосистемах. Території аборигенних рослин будуть заповнювати рослини, які пристосовані до більш теплих умов. Аборигенні види будуть поступово зникати, а разом з ними зникати й тваринний світ, що є частиною цієї екосистеми. Один зі способів не допустити втрати видів є зниження швидкості підвищення глобальної температури по всьому світі, утримання її на мінімальному рівні та надія на вчасну й швидку адаптацію видів до нових умов [4, 3].

Сучасна лісівнича наука не має достатніх даних, щодо поведінки лісових екосистем та їх адаптивної здатності за таких змін клімату. За прогнозами фахівців у разі збільшення температури повітря на 1 °C відбудеться переміщення широтних меж кліматичних зон у межах України на 160 км [6]. Передбачається, що продуктивність лісових насаджень буде зменшуватись у регіонах водного дефіциту та збільшуватись на тих територіях, де очікується зростання кількості опадів. Дещо м'якші зими зменшуватимуть зимове здерев'яніння пагонів, що посилюватиме їхню уразливість до морозів. Матиме місце висока ймовірність виникнення деградації лісових екосистем [22, 23].

## РОЗДІЛ 2

### ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 2.1 Характеристика об'єкту

Дослідження проведено в 100-річному насадженні зеленої зони м. Харків (ДП «Харківська науково-дослідна станція», Данилівський лісгосп Південне лісництво, кв. 159, вид. 7) (рис. 2.1, рис. 2.2).

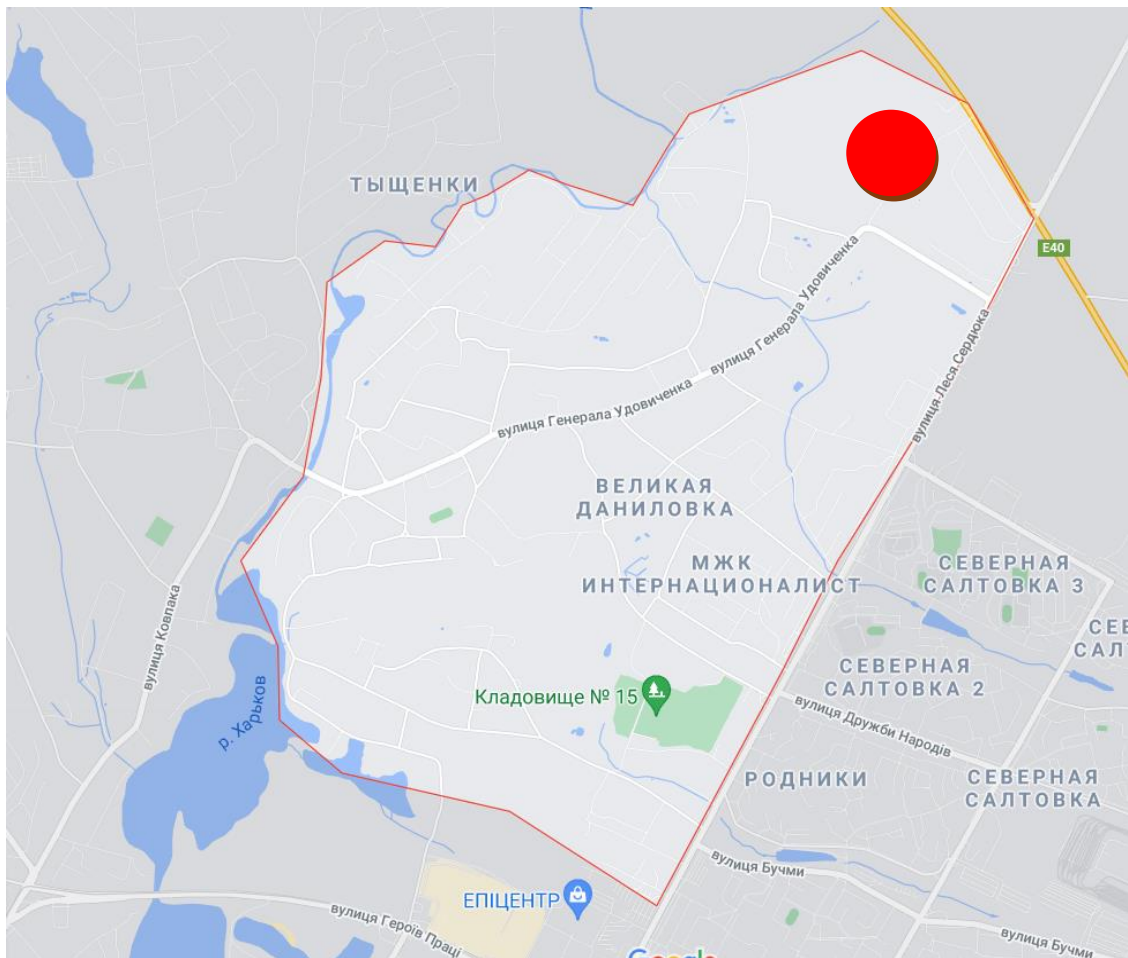


Рис. 2.1 – Місце відбору зразків

Умови місцезростання соснового насадження – свіжий суббір (В<sub>2</sub>). Вік соснового деревостану – 100 років. Походження – насіннєве насадження. Н<sub>сер.</sub> складає 24 м, D<sub>сер.</sub> – 42, см.



Рис.2.2 – Соснове насадження в Південному лісництві (зелена зона м. Харків)

## 2.2 Польові роботи та відбір зразків

В цій роботі застосовані таксаційні, дендрохронологічні, порівняльно-екологічні та статистичні методи [4, 6, 7, 19, 21].

Таксаційні методи. Лісова таксація – це галузь наукових знань, яка об'єднує всі компоненти лісу в одну систему, що взаємопов'язані між собою. Основний метод лісової таксації є метод прямої індукції, що включає в себе теорію ймовірності та математичній статистиці. Окрім цього методи таксації залежать від досліджуваних об'єктів. Існують об'єктів таксації: окреме дерево та його частини, сукупність дерев, деревостан, насадження, лісовий масив, деревна продукція, недеревна продукція, екологічні та соціальні функції лісу [2, 5, 13].

В цій роботі було використано інструментальний спосіб таксації деревного приросту. Для цього було використано віковий бурав, який призначений для визначення віку дерева та його росту за кожен рік. Такий

інструмент являє собою трубку з різьбою на одному кінці, а з іншого кінця трубка має чотиригранний хвостовик, який вставляється в отвір іншої трубки. Після викручування пристрою і стовбура отримуємо керн. Після цього зразок було проаналізовано за допомогою цифрового приладу HENSON. Данні було занесено в базу даних [13].

На досліджуваній території (в насадженні ДП «Харківська науково-дослідна станція» Данилівський лісгосп Південне лісництво) відібрано 15 кернів в сосновому насадженні (рис. 2.1, 2.3).



Рис. 2.3 – Відбір кернів

### 2.3 Камеральні роботи та аналіз даних

Ці зразки було оброблено згідно з методикою для отримання більш чітких та видимих границь між шарами деревини, по яких ми визначаємо ранню та пізню деревину. Після оброблення кернів було виміряно шари ранньої та пізньої деревини за допомогою цифрового приладу HENSON, який призначений для вимірювання деревних кілець. Для встановлення календарної дати формування кожного шару деревного зразка було

використано метод скелетних графіків, а точність вимірювання та якість даних забезпечує перехресне датування. За допомогою цих даних створено хронологію росту сосни звичайної на досліджуваній території [2]. За допомогою методу трьох річних ковзних вилучено вікові тренди деревинно-кільцевих хронологій для порівняння радіального приросту сосни звичайної за різні проміжки часу та для проведення верифікації радіального приросту з кліматичними показниками та кореляційного аналізу [7].

Згідно з методикою відібрані зразки деревини були змочені водою. Для якісного вимірювання зрізали верхній шар деревини поперек волокон керна, щоб краще була помітна різниця між ранньою та пізньою деревиною. Помістили оброблені зразки під мікроскоп цифрового приладу HENSON. Прилад вимірює ширину кожного шару деревини з точністю 0,01 мм. Після отримання даних розмістили їх в базу даних шарів річної деревини та усереднили абсолютні значення кожної пробної площі. Після цього було створено деревно-кільцеву хронологію для досліджуваного деревостану.

Деревне кільце є показником, що відображає пряму залежність впливу зовнішніх факторів на радіальний ріст дерева та його стан в той чи інші роки [1, 11, 21]. Так порівняльний аналіз застосували при зіставленні приросту дерева та характерних впливів в ці періоди. Порівняно графіки радіального приросту та кліматичних чинників – опадів та температур. Для цього було використано метеорологічні дані по Харківській метеостанції.

Виявлено негативні та позитивні реперні роки радіального приросту, які характеризуються однаковим трендом приросту у ці роки 75 % дерев вибірки. Для характеристики цих років використано поняття «норми», тобто відхилення від дострокового середнього, вираженому у відсотках. У нашому випадку норма обчислена для періоду 1960–2020 рр.

Обчислено індекси радіального приросту методом 3-річних ковзних з метою вилучення вікового тренду. Це дало змогу провести кореляційний аналіз між радіальним приростом та кліматом.

Проведено графічний, статистичний та кореляційний аналізи.

## РОЗДІЛ 3

РАДІАЛЬНИЙ ПРИРІСТ СОСНИ ЗВИЧАЙНОЇ ПІД ВПЛИВОМ КЛІМАТУ  
В НАСАДЖЕННІ ЗЕЛЕНОЇ ЗОНИ М. ХАРКІВ3.1 Динаміка радіального приросту сосни в сосновому масиві  
Харківського мікрорайону Велика Данилівка

Зразки було відібрано насадженні ДП «Харківська науково-дослідна станція» (Данилівський лісгосп Південне лісництво), кв. 159, вид. 7 під впливом клімату, які ростуть на бідних супіщаних ґрунтах в умовах В<sub>2</sub>.

Клімат помірно-континентальний. За даними Харківської метеостанції найтеплішим (21,3 °С) і найвологішим (68,5 мм) місяцем є липень, а найхолоднішим – січень (-5,25 °С). Березень характеризується найменшою кількістю опадів (34,5 мм). Середня температура за рік становить 8,2 °С, водночас річна сума опадів складає – 548 мм. Найбільш вологим є період упродовж травня-липня, а найвищими температурами характеризуються червень–серпень (рис. 3.1).

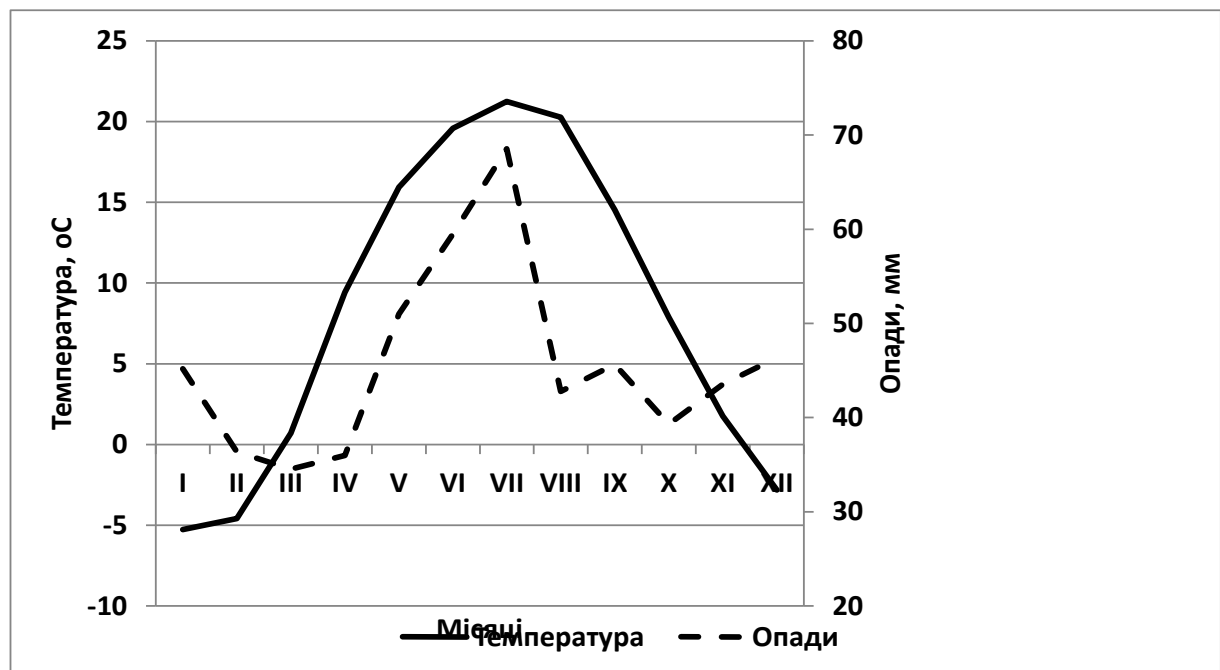


Рис. 3.1 – Кліматограма за даними Харківської метеостанції за період 1960–2020 рр.

Створено локальну деревно-кільцевої хронологію сосни звичайної осередненням індивідуальних деревно-кільцевих серій (рис. 3.2).

Визначено реперні роки: мінімального та максимального приросту. Депресії радіального приросту було виявлено у 1936, 1956, 1972, 1975, 1987, 1992, 2002 та 2012 рр. Вони обумовлені, головним чином, посухами упродовж вегетаційного періоду, аномальними зимовими та ранньовесняними температурами (занадто низькими, або занадто високими (рис. 3.1, табл. 3.1).

Максимальний приріст спостерігався у 1938, 1947, 1971, 1983, 1997, 2008 рр. Ці роки характеризувалися кількістю опадів упродовж вегетаційного періоду та сприятливим співвідношенням тепла та вологи (рис. 3.3, 3,4).

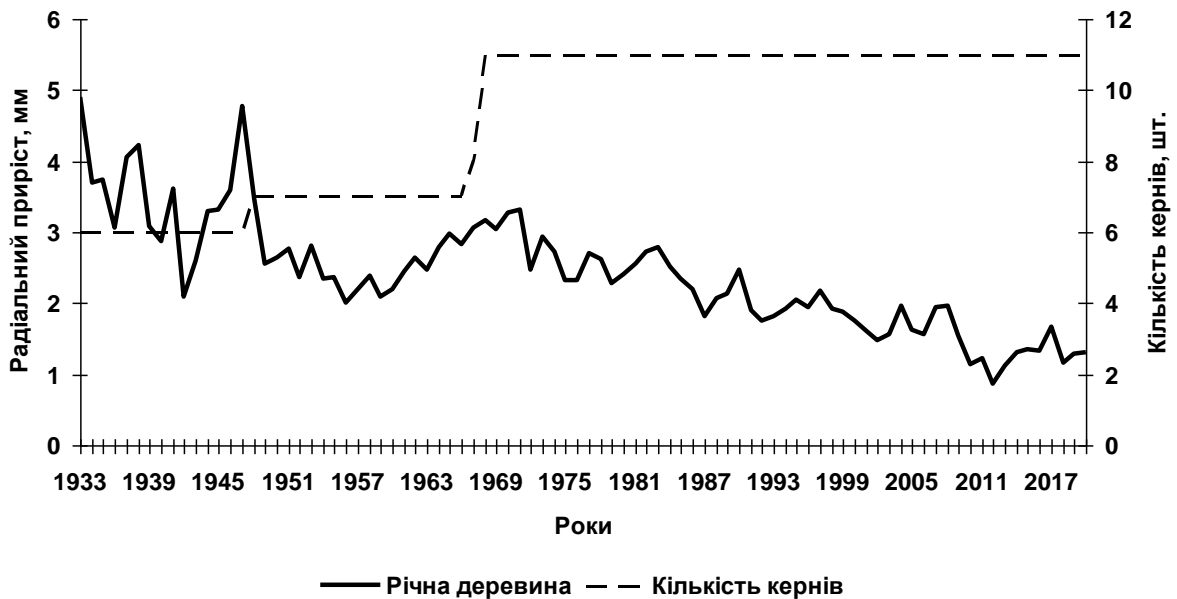


Рис.3.2 – Локальна деревно-кільцева хронологія сосни звичайної

Роки мінімального приросту обмежуються, головним чином, холодними, або надзвичайно теплими зимами, коли відхилення від норми складають від 35 до 89 % та посухами упродовж вегетаційного періоду при зниженні опадів на 22–39 %. Приріст також обмежують холодні зими (відхилення від норми складають 44 %) та теплі зими (перевищення норми на 35 %), низькі, або навпаки високі ранньовесняні температури (спостерігалися

відхилення від норми майже вдвічі). Холодні зими перестали обмежувати приріст після 1987 року (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Мінімальні реперні роки регіональної деревно-кільцевої хронології сосни звичайної в насадженнях зеленої зони м. Харків та кліматичні характеристики, виражені через відхилення ( $\Delta$ ) від норми (довгострокового середнього)

Роки мінімального приросту	Причини депресії радіального приросту
1936	Не відомо
1956	Не відомо
1972	Холодна зима, на 89 % ( $\Delta -3,9$ °C) нижче норми
1975	Низькі опади упродовж IV–VIII місяців. Відхилення від норми на 39 % ( $\Delta - 100$ мм) та високі температури, які на 11 % вище норми ( $\Delta +2,13$ °C)
1987	Надзвичайно холодна зима: температура на 44 % нижче норми ( $\Delta -4$ °C)
1992	Кількість опадів взимку була на 64 % нижче норми ( $\Delta -38$ мм), тепла зима, вище норми на 23 % ( $\Delta +1$ °C)
2002	Надзвичайно тепла зима, температура на 35 % вище норми ( $\Delta +1,1$ °C), високі температури березня (температура перевищувала норму на 116 %, тобто була вищою на 2,8 °C). Опадів упродовж IV–VIII місяців випало на 30 % нижче норми ( $\Delta -76$ мм)
2012	Опадів упродовж IV–VIII місців випало на 22 % нижче норми ( $\Delta -56$ мм), холодний березень, температура була нижчою майже вдвічі від норми ( $\Delta -1,1$ °C), жаркий липень перевищення норми на 15 % ( $\Delta +3,5$ °C)

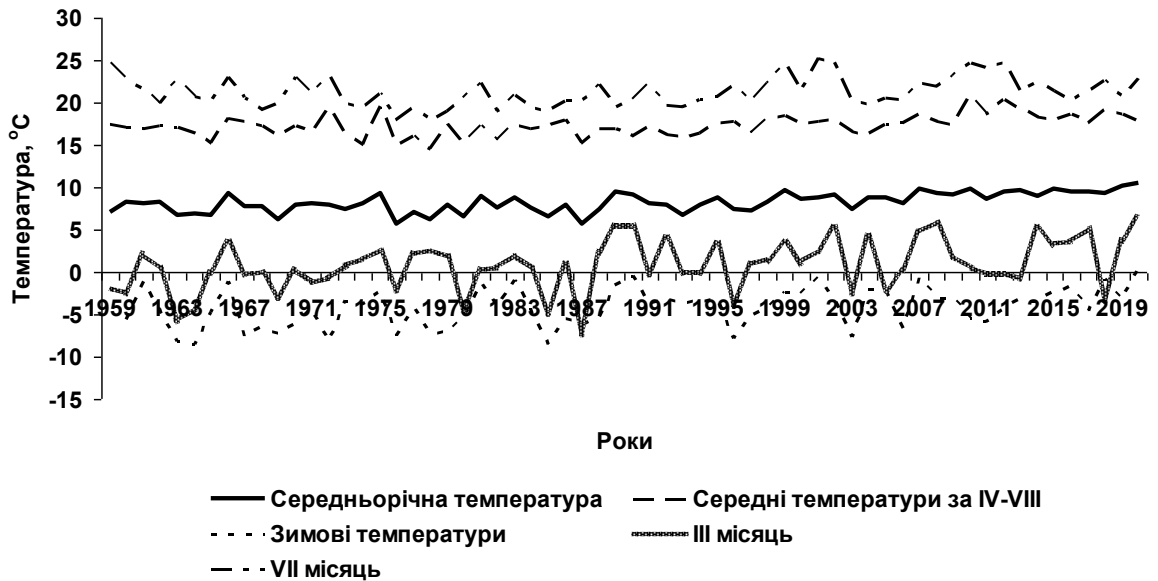


Рис. 3.3 – Динаміка температур за даними Харківської метеостанції

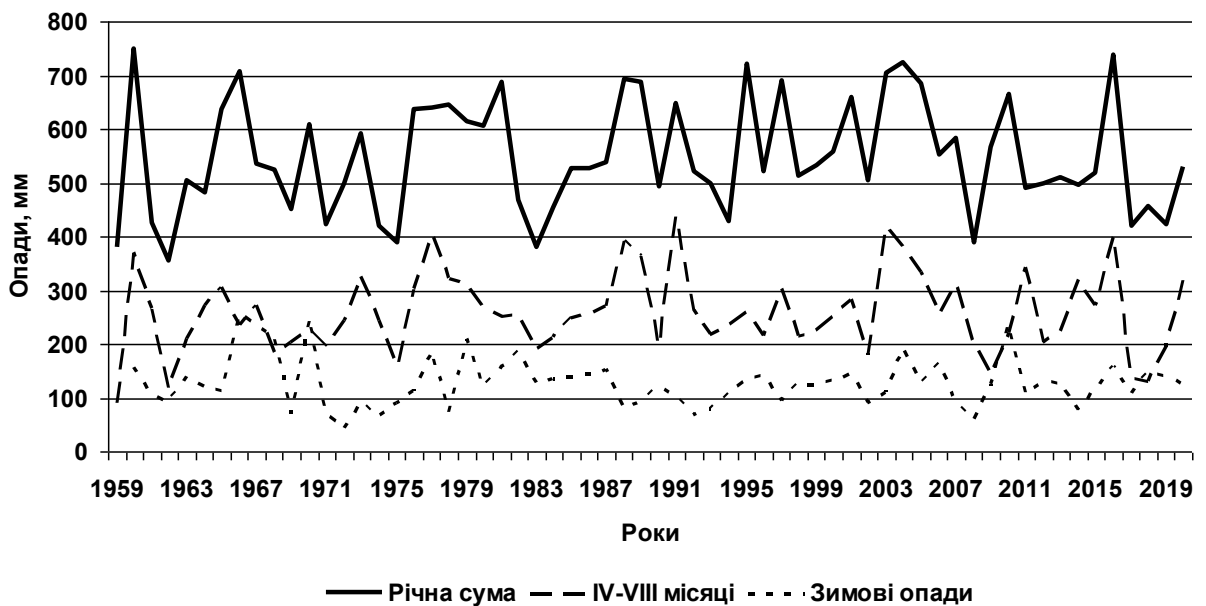


Рис. 3.4 – Динаміка опадів за даними Харківської метеостанції

Вплив клімату на радіальний приріст сосни звичайної проаналізовано за 60 років. При цьому наведено результати дендрокліматичного аналізу двох періодів – 1960–1988 рр. та 1989–2020 рр.

Варіаційна статистика деревно-кільцевих хронологій річної, ранньої та пізньої деревини представлено в табл. 3.2. Виявлено, для періоду 1960–2017 рр. радіальний приріст виявився найбільш мінливим. При порівнянні

двох періодів: 1960–1988 рр. та 1989–2020 рр. зафіксовано зменшення абсолютних значень величин річних кілець у другому періоді, що пов'язано з віком та змінами клімату. Дисперсія свідчить про однакову варіабельність річної деревини для обох періодів (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

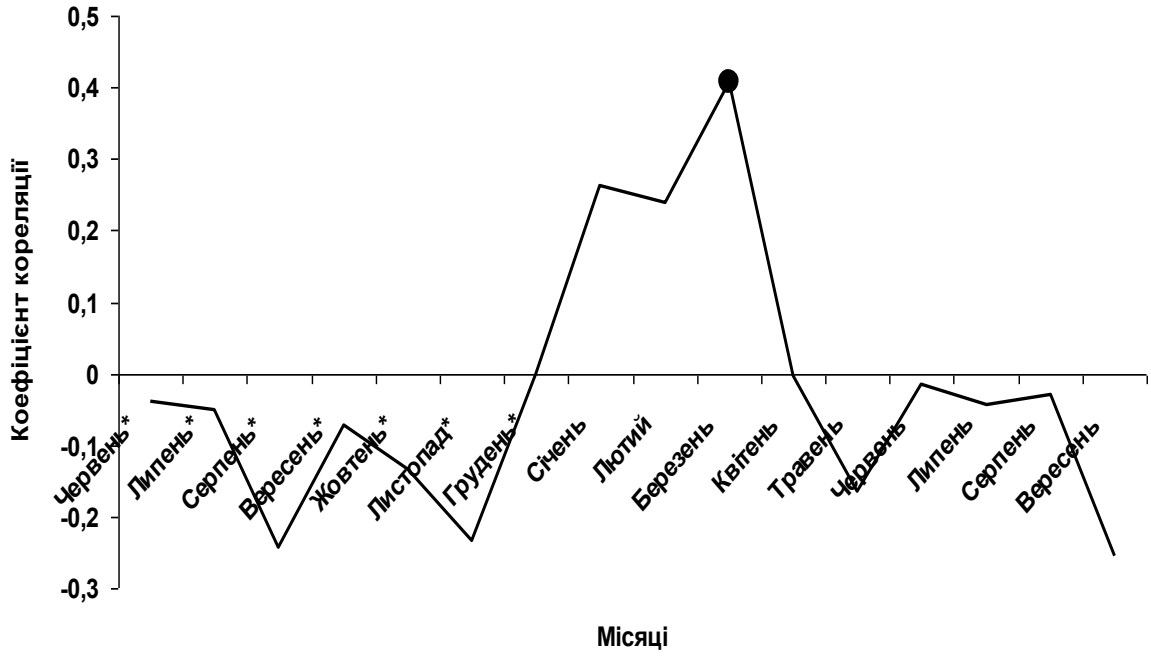
## Варіаційна статистика деревно-кільцевої хронології сосни звичайної

	Середнє, мм, помилка	Дисперсія	Середнє, мм, помилка	Дисперсія	Середнє, мм, помилка	Дисперсія
	1960 - 2020 рр.		1960-1988 рр.		1989-2020 рр.	
Річна деревина	2,11±0,007	0,37	2,60±0,0,7	0,14	1,64±0,06	0,14

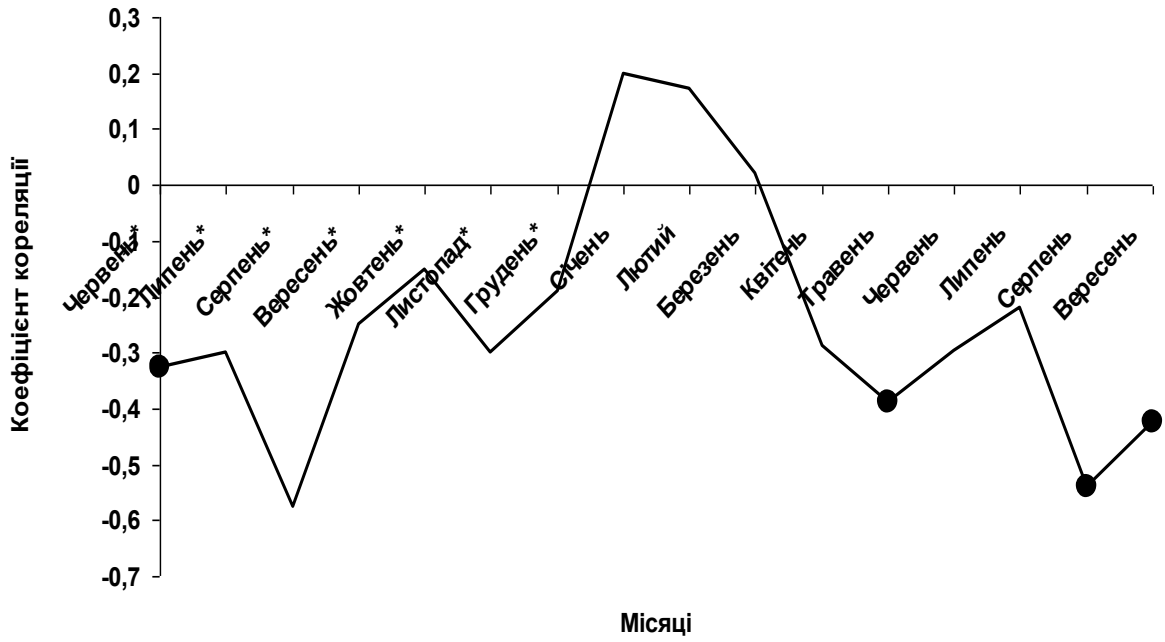
## 3.2 Аналіз індексів радіального приросту сосни в умовах зміни клімату

Порівняно реакцію радіального приросту сосни звичайної до змін клімату за періоди 1960–1988 та 1989–2020 рр. Річна температура у другому періоді була перевищена на 14 % , зимові температури – на 52 % , а кількість опадів майже не змінилася.

Кореляційний аналіз та функція відгуку за два періоди показали, що при збільшенні температур та опадів (виняток – зимові опади) змінилася реакція лісових екосистем на вплив клімату, так, якщо в 1960–1988 рр. радіальний приріст обмежували низькі квітневі та високі липневі температури, то пізніше у 1989–2020 рр. негативно впливали на радіальний приріст вересневі температури попереднього року, які відповідають на зимове волого накопичення, та негативний вплив червневих температур. Відбулося незначне збільшення опадів, але на фоні високих температур негативних кореляцій між індексами радіального приросту та сумами опадів стало більше у другому періоді в порівнянні з першим (рис. 3.5, 3,6).



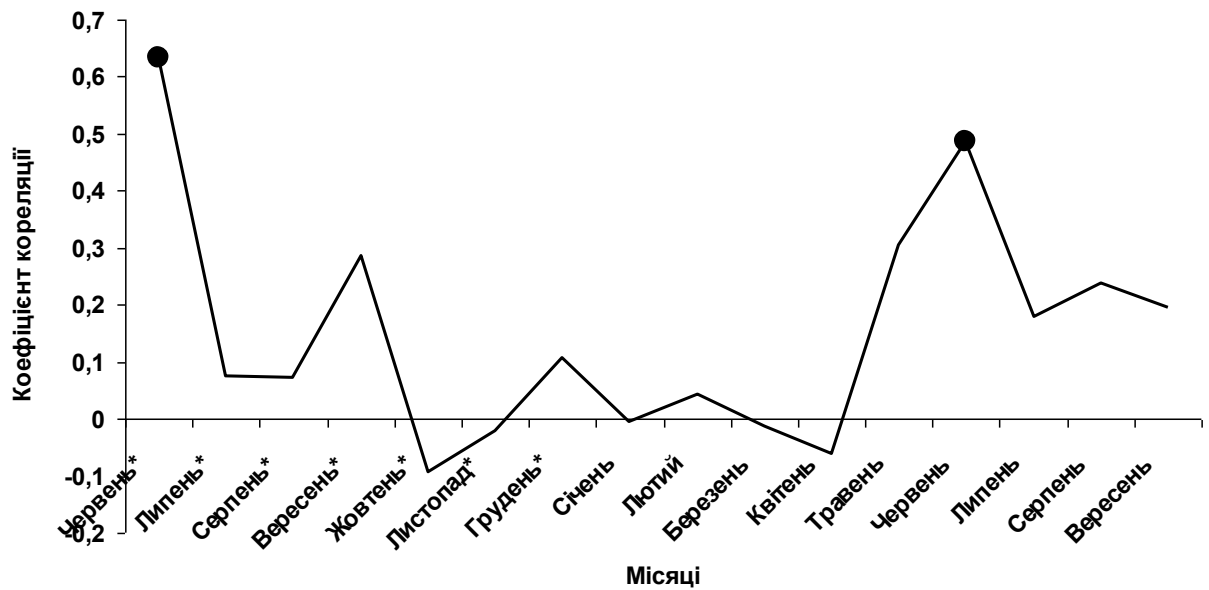
а) Температури. 1960–1988 рр.



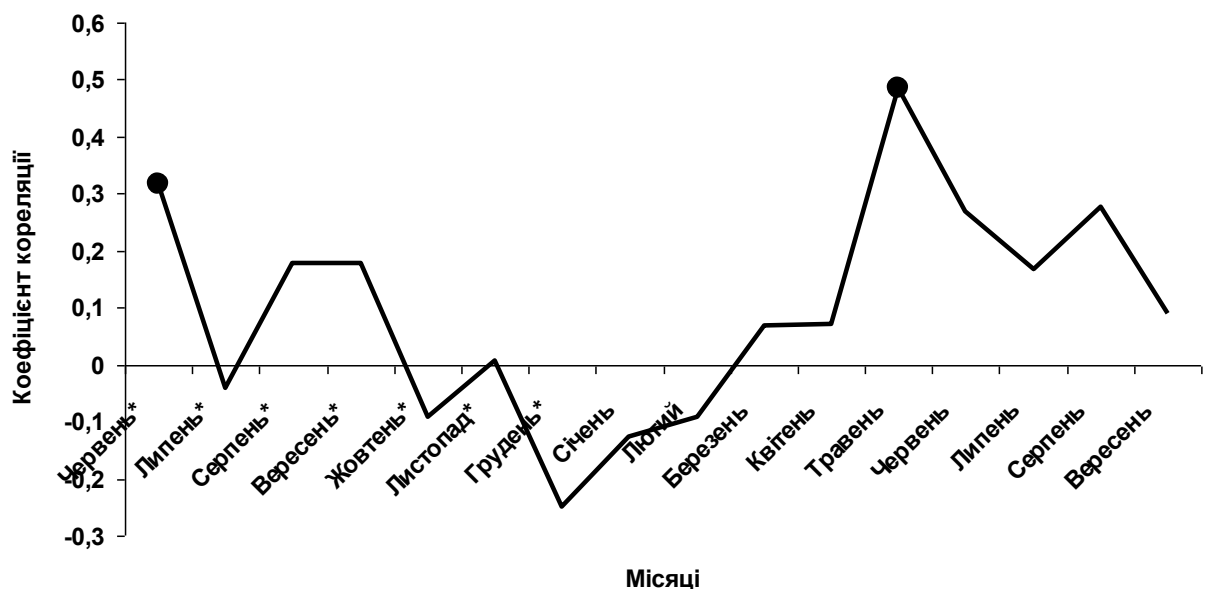
б) Температури. 1989–2020 рр.

Значущі кореляції на рівні 0,05 вказані колами, місяці попереднього року – зірочками

Рис. 3.5 – Кореляційний аналіз між індексами радіального приросту та температурами



а) Оподи за перший період 1960–1988 рр.



б) Оподи. 1989–2020 рр.

Значущі кореляції на рівні 0,05 вказані колами, місяці попереднього року – зірочками.

Рис.3.6 – Кореляційний аналіз між індексами радіального приросту та опадами

Упродовж першого періоду, у 1960–1988 рр., спостерігався позитивний вплив опадів на радіальний приріст. У 1960–1988 рр. на фоні низьких зимових температур відбувалося волого- накопичення в ґрунті, але в наступні

1989–2020 рр. цей вплив став протилежним – негативним, що вірогідно, пов’язано із підвищенням зимових та ранньовесняних температур, що не сприяло формуванню постійного снігового покриву. Внаслідок відлиг протягом зими не відбулося вологонакопичення на рівні минулих 1960–1988 рр., що негативно відзначилося на формуванні шарів деревини.

Збільшення негативного впливу зимових опадів на радіальний приріст, що пов’язано із збільшенням зимових температур та відлиг за останні десятиріччя, виявив Д. В. Тішин. Така Це може бути пов’язано не тільки з флуктуаціями клімату, а також із змінами рівня ґрунтових вод [11].

## ВИСНОВКИ

Роки мінімального приросту обмежуються, головним чином, холодними, або надзвичайно теплими зимами, коли відхилення від норми складають від 35 % до 89 % та посухами упродовж вегетаційного періоду при зниженні опадів на 22–39 %. Приріст також обмежують холодні зими (відхилення від норми складають 44 %) та теплі зими (перевищення норми на 35 %), низькі, або навпаки високі ранньовесняні температури (спостерігалися відхилення від норми майже вдвічі). Холодні зими перестали обмежувати приріст після 1987 року.

При порівнянні 1960–1988 та 1989–2020 рр. виявлено, що для першого періоду характерний позитивний вплив літніх температур на радіальний приріст, водночас для другого періоду вони починають обмежувати приріст. Незначне збільшення кількості опадів за вегетацію не змогло пом'якшити негативний вплив температур на формування шарів деревини. У другому періоді виявлено посилення негативного впливу зимових опадів на приріст, що викликано збільшенням зимових температур та відлиг, що негативно вплинуло на волого накопичення ґрунту та формування річних кілець сосни.

На даному етапі спостерігається адаптація сосни до зміни клімату, хоча насадження стають більш чутливими до зміни клімату, що може призвести до значних негативних змін в соснових насадженнях в майбутньому.

Рекомендації. Для покращення стану соснових лісів необхідно здійснити систему заходів з попередження подальшого поширення кореневих і стовбурових гнилей та масового розвитку стовбурових шкідників, яка включає:

1. проведення лісопатологічного нагляду за станом насаджень з метою своєчасного виявлення хвороб та осередків масового розмноження комах-ксилофагів;
2. проведення санітарно-оздоровчих заходів;

3. заготівлю насіння, створення постійних та тимчасових розсадників для вирощування необхідної кількості сіянців для створення попередніх культур з метою формування насаджень за типом корінних.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Битвинскас Т. Т. Дендроклиматические исследования: монография. Ленинград : Гидрометеоиздат, 1974. 170 с.
2. Ботыгин А. И., Волков Ю. В., Попов В. Н., Тартаковский В. А. Методы и алгоритмы восстановления климатоэкологической информации на основе дендрохроноиндикаторов : монография. Томск : ТПУ, 2015. 185 с.
3. Букша И. Ф. Изменение климата и лесное хозяйство Украины. Наукові праці Лісівничої академії наук України. 2009. Вип. 7. С. 11–17.
4. Ворон В. П., Стельмахова Т. Ф., Коваль І. М. Воздействие загрязнения атмосферы на сосновые леса Восточного Донбасса. *Лесоведение*. 2000. Вип. 1. С. 46–50.
5. Гром М. М. Лісова таксація : підручник. 2-ге вид., перероб. та доп. Львів : НЛТУ, 2007. 416 с.
6. Дідух Я. Екологічні аспекти глобальних змін клімату: причини, наслідки, дії. *Вісник НАН України*. 2009. Вип. 2. С. 34–44.
7. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. Москва : Агропромиздат, 1985. 351 с.
8. Коваль І. М. Дендрохронологія в Україні: ретроспектива і перспективи розвитку. *Міжвідомчий науково-технічний збірник*. Львів : РВВ НЛТУ України, 2006. Вип. 31. С. 221–227.
9. Коваль І. М. Динаміка радіального приросту і санітарного стану соснових деревостанів в умовах аеротехногенного забруднення в Поліссі та Степу : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук : 06.03.03 Харків, 2002. 8 с.
10. Коваль І. М. Радіальний приріст як індикатор стійкості лісових екосистем на прикладі соснових лісів зеленої зони м. Харкова. *Науковий вісник НУБіП*. Київ : Вид-во НУБіП України, 2010. Вип. 147. С. 223–232.
11. Матвеев С. М., Румянцев Д. Е. Дендрохронология: учебное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. Воронеж, 2013. 140 с.

12. Методы дендрохронологии. Часть 1. Основы дендрохронологии. Сбор и получение древесно-кольцевой информации : учебно-методическое пособие / Шиятов С. Г. и др. Красноярск, 2000. 80 с.
13. Миронюк В. В., Свинчук В. А., Лялін О. І. Конспект лекцій з навчальної дисципліни «Лісова таксація» для студентів 3 курсу денної форми нормативного строку навчання та 2 курсу денної форми скороченого строку навчання напряму підготовки 6.090103. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. 99 с.
14. Павлов И. Н., Агеев А. А., Барабанова О. А. Формирование годичных колец у основных хвойных лесообразующих пород Сибири. XXVI. 2009. Вып. 2. С. 161–172.
15. Рудаков В. Е. Метод изучения влияния колебаний климата на ширину годичных колец деревьев. Н. 43, Вып. 12. 1951. С. 1709–1712.
16. Рудаков В. Є. Записки з кліматодендрометрії. Географічний збірник. 1958. С. 127–135.
17. Румянцев Д. Е. Предыстория дендрохронологии. *Лесной Вестник*. 2009. С. 50–55.
18. Тишин В. Д., Чижикова Н. А. Дендрохронология. Казань : Казанский университет, 2018. 34 с.
19. Цурик Є. І. Таксаційні ознаки й будова насаджень : навч. посібн. Львів : Вид-во УкрДЛТУ, 2001. 362 с.
20. Шведов Ф. Н. Дерево как летопись засух. *Метеорологический вестник*. 1892. Вып. 5. С. 163–178.
21. Шиятов С. Г. Дендрохронологія, принципи методи. Свердловськ, 1973. Вып. 6. С. 53–81.
22. Яворовський П. П. Вплив змін клімату на лісові екосистеми. Київ, 2015. 8 с.
23. Gebler A., Keitel C., Kreuzwieser J. Potential risks for European beech (*Fagus sylvatica* L.) in a changing climate (Review). *TreesStructure and Function*. 2007. 21 (1). P. 1–11.

24. Grodzki W. Current problems of forest protection in spruce stands under conversion. Warsaw, Forest Research Institute, 2006. P. 4–6.
25. Ray D. Climate change: Impacts and adaptation in England's woodlands. Forestry Commission Research Note. 2010. V. 201. P. 16.
26. Zierota Z. Fungal diseases in last years in Poland. Methodology of Forest Insect and Disease Survey in Central Europe, Proceedings from the IUFRO WP 7.03.10 Workshop. Poland, 1998.