

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

## **КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

бакалавра

на тему

### **ДЕНДРОІНДИКАЦІЯ ГІРКОКАШТАНА ЗВИЧАЙНОГО В ЗЕЛЕНИХ НАСАДЖЕННЯХ МІСТ ЛЬВОВА ТА ХАРКОВА**

Виконав: студент 4 курсу, групи ДЕ-42  
спеціальності : 101 «Екологія»

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Пі автора \_\_\_\_\_ / Майя ЧЕРМНИХ  
(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 \_\_\_\_\_ / Аліна ГРЕЧКО  
(підпис) (ім'я та прізвище)

Секретар ЕК \_\_\_\_\_ / Світлана БУРЧЕНКО  
(підпис) (ім'я та прізвище)

Харків – 2025 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**

МАКСИМЕНКО

ім'я та прізвище

\_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ проф. Надія

підпис

“ 28 ” травня 2024 року

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

Майї ЧЕРМНИХ

(ім'я та прізвище)

1. Тема роботи Дендроіндикація гіркокаштана звичайного в зелених насадженнях міст Львова та Харкова

Керівник роботи Ірина КОВАЛЬ, доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник

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

затверджені наказом по університету від “16”квітня 2025 року № 4301-5/967

2. Строк подання студентом роботи 30 квітня 2025 р.

3. Перелік питань, які потрібно розробити

1. відібрати керни гіркокаштана звичайного в насадженнях міст Харкова та Львова;
1. виміряти шари радіального приросту гіркокаштана звичайного;
2. створити із індивідуальних деревно-кільцевих хронологій для кожного дерева локальні деревно-кільцеві хронології;
3. побудувати індексні деревно-кільцеві хронології;
4. виявити особливості радіального приросту гіркокаштана звичайного під впливом кліматичних чинників та інвазії каштанового мінера в насадженнях міст Львова та Харкова
5. порівняти особливості радіального приросту гіркокаштана звичайного в насадженнях міст Львова та Харкова

#### 4. План роботи

№ з/п	Назви етапів роботи
1	1.05 — 30.06 2024 Аналіз літературних джерел
2	1.07.2024 — 30.09.2024. Відбір кернів гіркокаштана звичайного в насадженнях міст Львова та Харкова. Створення метеорологічних баз даних для Львівської та Харківської метеостанцій
3	1.10.2024 — 31.03.2025. Аналіз матеріалу та підготовка публікацій
4	1.04 — 30.05.2025. Підготовка публікацій та написання кваліфікаційної роботи

5. Дата видачі завдання 28.05.2024 р.

Студент

\_\_\_\_\_

підпис

Майя Чермних

\_\_\_\_\_

ім'я і прізвище

Керівник роботи

\_\_\_\_\_

підпис

професор, Ірина КОВАЛЬ

\_\_\_\_\_

посада, ім'я і прізвище

АНОТАЦІЯ  
ДЕНДРОІНДИКАЦІЯ ГІРКОКАШТАНА ЗВИЧАЙНОГО В ЗЕЛЕНИХ  
НАСАДЖЕННЯХ МІСТ ЛЬВОВА ТА ХАРКОВА

Майя ЧЕРМНИХ

Кваліфікаційна робота «Дендроіндикація гіркокаштана звичайного в зелених насадженнях міст Львова та Харкова» містить 49 сторінок, 3 розділи, 3 таблиці, 17 рисунків, 7 формул, 25 використаних джерел.

*Мета роботи:* виявлення наслідків впливу зміни клімату та інвазії каштанового мінера на радіальний приріст гіркокаштана звичайного в зелених насадженнях міст Харкова та Львова.

*Актуальність теми.* Гіркокаштан звичайний (*Aesculus hippocastanum* L.) є важливою частиною зелених міських зон. Надзвичайно важливим є дослідження радіального приросту дерев, для виявлення здатності гіркокаштана звичайного до адаптації в умовах зміни клімату та впливу інвазії каштанового мінера *Cameraria ohridella* Deschka & Dimic (*Lepidoptera: Gracillariidae*).

*Завдання* дослідження передбачали порівняння показників радіального приросту гіркокаштана звичайного до початку впливу на нього інвазії каштанового мінера та після його початку в умовах зміни клімату.

*Методи.* Використано методи екологічного порівняння, дендрохронологічні та статистичні методи.

*Результати.* Відібрано керни гіркокаштана звичайного у м. Львові та м. Харків. Визначено, що при порівнянні радіального приросту гіркокаштана звичайного для двох періодів: до початку інвазії каштанового мінера та після нього у Львові та Харкові, зниження приросту було удвічі меншим у другому періоді в порівнянні з першим та збільшилась його чутливість до кліматичних факторів.

ГІРКОКАШТАН ЗВИЧАЙНИЙ, РАДІАЛЬНИЙ ПРИРІСТ ДЕРЕВ, ОПАДИ, ТЕМПЕРАТУРИ, ГІДРОТЕРМІЧНІ КОЕФІЦІЄНТИ, ІНВАЗІЯ,

# КАШТАНОВИЙ МІНЕР

## ABSTRACT

### **DENDROINDICATION OF COMMON HORSE CHESTNUT IN GREEN PLANTINGS OF LVIV AND KHARKIV CITIES**

Maya CHERMNYKH

The qualification work "Dendroindication of common horse chestnut in green plantings of Lviv and Kharkiv cities" contains 49 pages, 3 sections, 3 tables, 17 figures, 7 formulas, 25 references.

*The aim of the work* is to identify the effects of climate change and chestnut mineral invasion on the radial growth of common chestnut in green plantings of Kharkiv and Lviv.

*Relevance of the topic.* The common horse chestnut (*Aesculus hippocastanum* L.) is an important part of green urban areas. It is extremely important to study the radial growth of trees to determine the ability of the common bitter chestnut to adapt to climate change and the impact of the chestnut miner (*Cameraria ohridella* Deschka & Dimic (Lepidoptera: Gracillariidae).

*The objectives of research* were to compare the radial growth of common bitter chestnut before and after the chestnut borer invasion in the context of climate change.

*Methods.* Methods of ecological comparison, dendrochronological and statistical methods were used.

*Results.* The cores of common horse chestnut were selected in Lviv and Kharkiv. It was determined that when comparing the radial growth of common horse chestnut for two periods: before the beginning of the chestnut miner invasion and after it in Lviv and Kharkiv, the decrease in growth was half as much in the second period compared to the first, and its sensitivity to climatic factors increased.

COMMON HORSE CHESTNUT, RADIAL GROWTH, PRECIPITATION, TEMPERATURE, HYDROTHERMAL COEFFICIENTS, INVASION, CHESTNUT MINER

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	6
РОЗДІЛ 1. ДОСЛІДЖЕННЯ ГІРКОКАШТАНА ЗВИЧАЙНОГО ДЕНДРОХРОНОЛОГІЧНИМИ МЕТОДАМИ.....	8
1.1 Роль гіркокаштана звичайного в урбанізованому середовищі.....	8
1.2 Радіальний приріст дерев як біоіндикатор стану насаджень під впливом комплексу екологічних факторів	9
1.3 Історія та принципи дендрохронології.....	12
РОЗДІЛ 2 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ.....	15
2.1 Відбір зразків.....	15
2.2 Камеральна обробка матеріалу та його аналіз.....	17
РОЗДІЛ 3 РАДІАЛЬНИЙ ПРИРІСТ ГІРКОКАШТАНА ЗВИЧАЙНОГО ПІД ВПЛИВОМ ЗМІНИ КЛІМАТУ ТА ІНВАЗІЇ КАШТАНОВОГО МІНЕРА.....	21
3.1 Динаміка радіального приросту гіркокаштана звичайного в зелених насадженнях м. Львова.....	21
3.2 Динаміка радіального приросту гіркокаштана звичайного в зелених насадженнях м. Харкова.....	21
ВИСНОВКИ.....	28
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	38

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Гіркокаштан звичайний (*Aesculus hippocastanum* L.) є важливою частиною зелених насаджень міст. Надзвичайно актуальним є дослідження радіального приросту дерев для виявлення здатності гіркокаштана звичайного до адаптації в умовах зміни клімату та впливу інвазії каштанового мінера (*Cameraria ohridella* Deschka & Dimic (*Lepidoptera: Gracillariidae*)), який перетнув кордон України у 1998 році, у 2002 році з'явився у Львові, а у 2005 році досягнув Харкова [6,13,17,22]. Глобальна температура Землі вже збільшилася на 0,8 °С проти доіндустріального періоду, що призвело до численних проблем – зростання мінливості погоди, збільшення частоти теплових хвиль, повеней, пожеж в екосистемах, масових спалахів шкідників, нестачі води, змін в режимі опадів тощо[2].

Одним із показників чутливості дерев до комплексу екологічних факторів є радіальний приріст, який є мірою камбіальної активності та вказує на стан дерева, який залежить від впливу умов навколишнього середовища. Ці взаємозв'язки можуть змінюватися з віком дерева, а також зі змінами кліматичних умов. У дендрокліматичних дослідженнях найчастіше розглядаються два основні кліматичні елементи – температура повітря та кількість опадів [13, 17].

Наразі недостатньо наукових праць, які б розкривали механізм адаптації гіркокаштана звичайного до зміни клімату та впливу інвазії каштанового мінера, тому це дослідження є своєчасним та актуальним.

**Мета досліджень** є виявлення наслідків впливу зміни клімату та інвазії каштанового мінера на радіальний приріст гіркокаштана звичайного в зелених насадженнях міст.

### **Завдання:**

- провести аналіз наукових джерел щодо теми дослідження;

- відібрати керни гіркокаштана звичайного в насадженнях міст Харкова та Львова;
- виміряти шари річного радіального приросту гіркокаштана звичайного;
- створити із індивідуальних деревно-кільцевих хронологій для кожного дерева локальні деревно-кільцеві хронології;
- побудувати індексні деревно-кільцеві хронології;
- виявити особливості радіального приросту гіркокаштана звичайного під впливом кліматичних чинників та інвазії каштанового мінера в насадженнях міст Львова та Харкова;
- порівняти особливості радіального приросту гіркокаштана звичайного в насадженнях міст Львова та Харкова.

**Об'єкт дослідження:** радіальний приріст гіркокаштана звичайного.

**Предмет дослідження:** встановлення особливостей залежності радіального приросту гіркокаштана звичайного в зелених насадженнях міст Львова та Харкова від кліматичних чинників та інвазії каштанового мінера.

**Методи дослідження:** метод порівняльного аналізу, дендрохронологічний – для оцінювання динаміки радіального приросту дерев гіркокаштана звичайного під впливом варіації кліматичних чинників та інвазії каштанового мінера; статистичні методи – для аналізу даних та кореляційні – для встановлення залежності радіального приросту дерев від кліматичних чинників.

## РОЗДІЛ 1.

### ДОСЛІДЖЕННЯ ГІРКОКАШТАНА ЗВИЧАЙНОГО ДЕНДРОХРОНОЛОГІЧНИМИ МЕТОДАМИ

#### 1.1. Роль гіркокаштана звичайного в урбанізованому середовищі

Посилення фокусу уваги до проблеми озеленення міст є характерною ознакою розвитку сучасного містобудівництва. Це пояснюється дедалі зростаючим визнанням ролі зелених насаджень в оптимізації міського середовища та його оздоровленні у зв'язку з посиленням антропогенного навантаження на довкілля. На жаль, з початку 90-х років минулого століття вкрай помітними стали ознаки погіршення стану міських зелених насаджень, зменшення їх площ, обсягів насаджень. Виникла загроза втрати існуючими насадженнями середовищевірної функції, а деякі види деревних рослин опинилися під загрозою загибелі. Це стосується і гіркокаштанів, сучасний стан яких у зелених насадженнях міст, викликає занепокоєння [8].

Гіркокаштан звичайний – декоративна листопадна рослина, до 30-40 м заввишки, має щільну крону та товсте гілля. Помилково цю рослину можна сплутати з представником родини каштанів. Назва даної рослини походить від грец. *hippo* – кінь та лат. *castanea* – каштан, що буквально означає «кінський каштан», також такі варіанти назв: «каштан дикий», «каштан білий», «жолузник», «горіх кінський». Природний ареал розповсюдження знаходиться у горах Піндус Балканського півострова, проте декоративне розповсюдження захоплює різні частини світу, зокрема країни Східної Європи. Використовується в урбоекосистемах здебільшого для озеленення та облагородження доріг. Дана рослина є досить невибагливою, стійкою до антропогенного впливу та безпроблемною у розведенні при стабільних умовах, але за впливу стресових факторів, наприклад шкідників, достатньо різко реагує на будь-які зміни середовища. Ця рослина також відома як добрий

медонос, адже з однієї квітки може бути зібрано 1,7-2,1 мг нектару, а з 1 га каштанових насаджень можна отримати до 60 кг меду.

За історичними даними, цю рослину було вперше завезено до України у 1650-х роках, у м. Київ. Масова висадка розпочалася у XIX столітті, після чого цей вид було поширено по всій країні.

## 1.2 Радіальний приріст дерев як біоіндикатор стану насаджень під впливом комплексу екологічних факторів

Дендроіндикація (*dendron* - означає «дерево», а *indicatio* – «вказувати, визначати»,) – використання деревних рослин для вивчення їх біологічних та хімічних властивостей, зовнішнього вигляду та ареалів розповсюдження, дослідження стану деревостанів та екосистем у минулому, вирахування віку дерев, порівняння величини радіального приросту деревини з екологічними чинниками довкілля. Завдяки даному методу можна дослідити залежність змін у внутрішній та зовнішній будові дерева від змін умов довкілля у минулому, а також спрогнозувати зміни у майбутньому.

У найближчому майбутньому методи дендроіндикації будуть особливо актуальними, оскільки в умовах війни природні екосистеми та урбоекосистеми знищуються пожежами внаслідок військових дій, особливо поблизу лінії бойового зіткнення. Проте, необхідно враховувати, що на точність аналізу може впливати наявність домінуючих видів дерев, стан ґрунтів, атмосферного повітря та гідрологічної мережі у межах території.

Напрямок дендроіндикації поєднує в собі сукупність різних методів досліджень, що можуть базуватись на біохімічних, кліматичних, хронологічних характеристиках тощо. Дендрохронологічні методи є різновидом дендроіндикаційних методів.

Такі методи є зручними для моніторингу насаджень в урбоекосистемах, що перебувають у зоні ризику, оскільки дозволяють спрогнозувати зміни та розробити підходи щодо їх збереження та відтворення.

В майбутньому будуть актуальні дистанційні способи моніторингу, оскільки вони хоч і з деякою неповнотою інформації, але дозволяють вивчити стан деревостанів для прогнозування можливих заходів щодо їх збереження та відтворення після завершення війни на території України [3].

При дослідженні ялиці європейської (*Picea abies*) встановлено, що «стресові» роки несли в собі певні кліматичні аномалії у вигляді змін середньодобових температур. Тобто, стрес виникає або при сталому збереженні несприятливого температурного режиму, або при різкій зміні погодних умов, що супроводжується зменшенням радіального приросту деревини.

Такі методи є зручними для моніторингу лісових угруповань, що перебувають у зоні ризику, оскільки дозволяють спрогнозувати зміни та розробити підходи щодо збереження та відтворення насаджень.

Серед всіх відомих методів, особливу увагу можна приділити методу дендрохронології або датування та дендрокліматології. Перший метод орієнтований саме на встановленні хронології подій загалом, другий – на встановленні, основним чином, кліматичних чинників минулого. Беруться до уваги санітарний стан деревостану, висоти дерев та діаметри стовбурів, за необхідністю можуть проводитись більш детальні лабораторні дослідження – мікроскопічні дослідження, спектрометрія тощо [9].

Дедалі більшого попиту дендрохронологічні дослідження в Україні стали набувати на початку 21 століття, коли з Європи було завезено мінуючу міль – ентомошкідника, який веде свою життєдіяльність у деревостанах гіркогоаштана звичайного.

Вперше цей вид було помічено у Македонії у 1984 році, потім у 1998 році в Польщі, та у 2002 році у Львові. Згодом каштановий мінер дістався і Харкова, у 2006-2007 рр. [22].

Виявлено, що шкідник *Cameraria ohridella* не тільки пошкоджує листя та деревину, а ще й активно розмножується і зимує в опалому листі, що призводить до зростання чисельності його особин і ураження дедалі більших площ насаджень. Підживлення листям кінського каштана триває з травня по вересень, а через це може бути втрачено до 98% фотосинтетичної площі, оскільки міль зменшує зелену фотосинтетичну ділянку листя та спричиняє їх раннє висихання та осипання [23]. До недавнього часу дерева кінського каштана рідко уражалися хворобами і шкідниками. Цей вид дерев в останні роки також зазнав ураження комах-шкідників каштанової мінуючої молі. Личинки цієї молі живляться паренхімою листя, що призводить до іржавого знебарвлення та зневоднення листя (яке може скидатися вже в середині липня) і поступове відмирання гілок, що в свою чергу призводить до зменшення величин річних кілець дерев [3, 6, 13, 20].

За даними досліджень, після спалаху шкідника в сукупності з кліматичними змінами у вигляді зростаючої кількості посух, радіальний приріст деревини зменшився майже у два рази. Це свідчить про те, що дерева втрачають свою здатність до стабільного росту і розвитку, що в кінцевому результаті може призвести до повної деградації насаджень *A. hippocastanum* в урбоекосистемах України, оскільки дієвих методів боротьби зі шкідником поки що не знайдено [24].

З плином часу та розвитком більш сучасних технологій методи дендроіндикації стали більш точними і інформативними, завдяки чому можна проводити максимально детальний моніторинг змін у навколишньому середовищі.

До прикладу, за допомогою методів датування можливе вивчення «поведінки» деревостану в лісовій екосистемі, що залежить як від еустресу –

корисного стресу, здатного покращити здатність до пристосування, так і від ряду інших факторів, у т.ч негативних, що можуть впливати на деревостан та моделювати майбутні зміни на визначеній ділянці [16].

### 1.3 Історія та принципи дендрохронології

У перекладі з грецької мови «*dendron*» - дерево, «*chronos*» - це час, а «*logos*» - вчення, наука. Тобто, сенс методу полягає у визначенні змін у біоценозі та датуванні подій минулого. Більш точне визначення терміну «дендрохронологія» звучить наступним чином: аналіз річних кілець дерев з метою датування природних явищ або археологічних знахідок минулого.

Початком розвитку дендрохронології, як методу, можна вважати приблизно XVII-XVIII століття. В той час вже робилися припущення зв'язку приросту річних кілець зі станом навколишнього середовища, проте тоді вони носили лише описовий характер і не несли наукової цінності [16].

Історія цієї науки походить ще з часів Леонардо да Вінчі, який побачив відповідність між кліматичними подіями та товщиною річних кілець. За допомогою досліджень було виявлено кліматичні динаміки за різні періоди часу. Наприклад, для західної частини Європи було визначено динаміку змін клімату за період більш ніж 7 тис. років при дослідженні дуба звичайного.

Формування дендрохронології безпосередньо як наукового методу розпочалося десь у другій половині XX століття. Історія цієї науки походить ще з часів Леонардо да Вінчі, який побачив відповідність між кліматичними подіями та товщиною річних кілець. Суттєве зацікавлення та зростання досліджень в області дендрокліматології розпочалися аж після 1960-х років. В Україні у різний час у ряді районів України дендрохронологічні дослідження розвивали: Ф. Н. Шведов; В. Е. Рудаков; В. Г. Коліщук, А. Д. Шовган, П. В. Ковальов, А. І. Попов, В. І. Важов, М. В. Ловелиус, Ю. І. Грицан,

О. Зборовська, співробітники лабораторії УкрНДІЛГА, Інституту екології Каразінського університету, НУБІП тощо [4, 5].

На даний час найбільш популярним дендроіндикаційним методом вважається дендрохронологічний аналіз приросту річних кілець дерев, що використовується для оцінки змін ландшафтно-кліматичних умов, коливання стоку річок, рівня озер, динаміки льодовиків тощо. В основі таких змін є більш-менш тісна кореляція між параметрами довкілля і показниками товщини річних кілець дерев.

**Основні принципи** дендрохронології були описані А. І. Дугласом, які перетинаються з принципами загальної екології. Серед них можна виділити такі: принцип уніформізму, закон лімітуючих факторів, принцип повторюваності, перехресне датування [16].

Принцип уніформізму стосовно дендрохронології стверджує, що фізичні та біологічні процеси, що зумовлюють зміни в зростанні дерева під впливом факторів природного середовища в теперішній час, викликали подібні ж зміни в минулому.

Суть принципу лімітуючих факторів полягає в тому, що біологічні процеси, зокрема зростання деревних рослин, не можуть протікати швидше, ніж це дозволяється зовнішнім або внутрішнім фактором, що знаходиться в мінімумі. У разі, якщо цей фактор в силу будь-яких причин переходить в розряд оптимальних, швидкість росту буде збільшуватися до тих пір, поки інший фактор (або фактори) не стануть лімітуючими.

Принцип сукупності складових росту дерев стверджує, що будь-які індивідуальні серії можуть бути розкладені в сукупність факторів довкілля. Обидві групи факторів як природні, так і антропогенні впливають на приріст дерев упродовж всього їх життя. Наприклад, ріст кільця в будь-який рік є функцією сукупних факторів: вікового тренду, який обумовлено процесом старіння дерев; погодних умов, які сталися в рік виникнення якогось явища (наприклад, вітровалу, криголам тощо) в межах лісового масиву, що вплинули

на явища, які виникли в середині масиву (наприклад, вітролом); виникнення явищ зовні лісового масиву (наприклад, спалах комах, внаслідок чого виникає дефоліація крон і знижується приріст дерев); випадкові (помилкові) процеси, які не враховані іншими процесами. Отже, щоб максимізувати бажаний екологічний сигнал, який вивчається, інші фактори повинні бути зведені до мінімуму. Наприклад, для максимізації кліматичного сигналу слід усунути віковий тренд, а дерева та ділянки обрати такі, щоб мінімізувати можливості внутрішніх та зовнішніх екологічних процесів, що впливають на ріст дерев.

Принцип екологічної амплітуди стверджує, що види можуть рости, розмножуватися та поширюватися в широких, вузьких чи обмежених ареалах. Цей принцип важливий, оскільки види дерев, корисні для дендрохронології, часто зустрічаються біля меж їх природного ареалу, наприклад, ялини білої ялини (*Picea glauca*) поблизу верхньої широти.

Принцип відбору районів і місць місцезростання. Цей принцип стверджує, що ділянки, які даватимуть корисні для дендрохронології дані, можна вибирати, виходячи з того, що дерева будуть формувати кільця, які відображають екологічні умови, що досліджуються. Чим сильніше річна мінливість величини приросту дерев, тим надійнішим індикатором змін умов середовища вона є.

Принцип перехресного датування є найважливішим в дендрохронології і розроблений з метою абсолютного і відносного датування часу формування деревних кілець з точністю до року. Деревні рослини, які ростуть в межах однорідного в кліматичному відношенні району, величиною приросту схоже реагують на зміни лімітуючих кліматичних факторів. У сприятливих умовах роки у більшій частині дерев формуються широкі кільця, а у несприятливих – вузькі. У зв'язку з цим у таких дерев спостерігається синхронна мінливість величини приросту в часі. Особливо показовими є вузькі кільця, коли приріст найбільшою мірою лімітується тим чи іншим кліматичним фактором (наприклад, в разі гострого дефіциту вологи в

посушливі роки). Чергування вузьких, середніх за величиною і широких кілець неповторно в часі.

Принцип повторності, тобто використання інформації не з одного, а з певного числа модельних дерев, є неодмінною умовою точного датування кілець, побудови надійних деревно-кільцевих хронологій [17].

## РОЗДІЛ 2

### МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

Використано: метод порівняльного аналізу, дендрохронологічний – для оцінювання динаміки радіального приросту дерев гіркокаштана звичайного під впливом варіації кліматичних чинників та інвазії каштанового мінера; статистичні методи – для аналізу даних та кореляційні – для встановлення залежності радіального приросту дерев від кліматичних чинників [16,17].

#### 2.1 Відбір зразків

Керни для проведення дендроіндикаційних досліджень відбираються безпосередньо у польових умовах та спеціальними засобами, за допомогою яких можна отримати зразок, не завдаючи значної шкоди деревостанам. Алгоритм відбору зразків включає в себе наступні етапи:

1. Визначення ділянки відбору зразків згідно мети дослідження. Якщо мета дослідження – вивчення змін стану насаджень під впливом каштанового мінера та кліматичних змін, доцільно за об'єкт дослідження буде взяти насадження гіркокаштана звичайного.

2. Перед відбором кернів необхідно визначити та записати в польовий щоденник інформацію щодо санітарного стану кожного дерева, діаметр дерева на висоті грудей (1,3 м від поверхні землі) та його висоту [9].

3. Після визначення санітарного стану дерев, керни відбираються спеціальним приладом – буравом Преслера за допомогою якого можна без значної шкоди для дерева вилучити зразок деревини для подальшого аналізу в камеральних умовах. Керни відбираються на рівні 1,3 м від поверхні землі, місця відбору кернів заповнюються спеціальною речовиною – воском або смолою для запобігання обвітрюванню та пошкодження деревини шкідниками.

Керни підписуються із зазначенням номеру, виду дерева місця відбору та дати відбору зразків [16, 17].

Відбір кернів проведено в зелених насадженнях міст Львова та Харкова. Відібрано по 11 зразків з кожного насадження. Керни відібрано на висоті 1,3 м стовбура від поверхні землі (рис. 2.1, рис. 2.2., рис. 2.3).

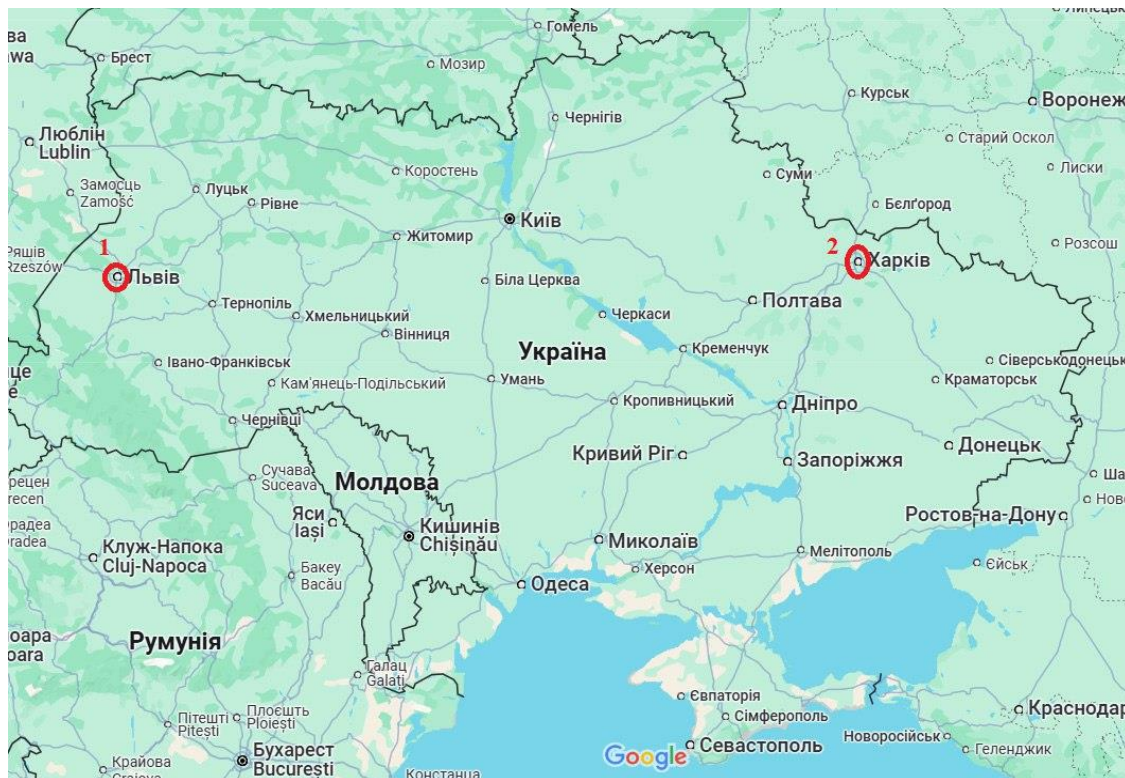


Рис. 2.1 - Місця відбору кернів з дерев гіркокаштана звичайного в зелених насадженнях міст Львова (1) та Харкова (2)



Рис. 2.2 - Відбір зразків буравом Преслера

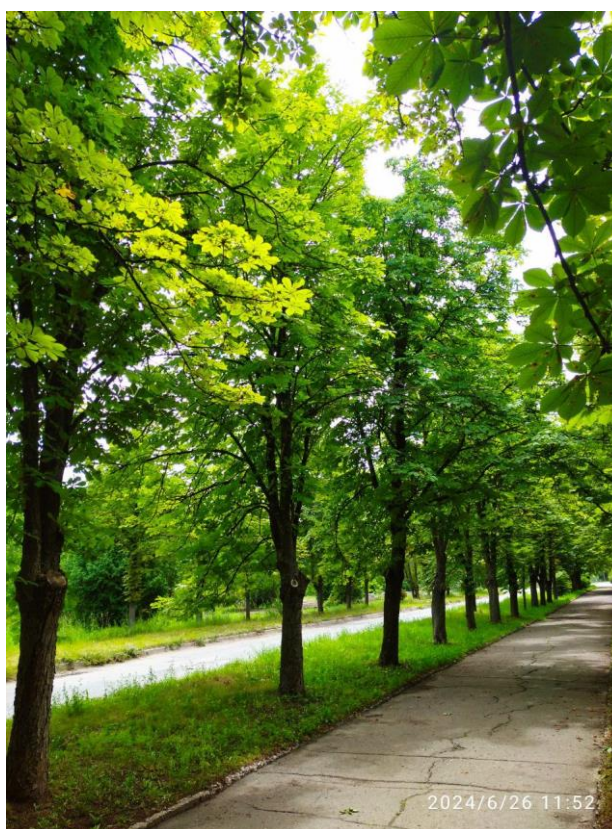


Рис. 2.3 - Місце відбору кернів в алейному насадженні м. Харкова

Потім керни було поміщено в паперові контейнери, на яких було записано номер зразка, їх місце та дату відбору.

## 2.2 Камеральна обробка матеріалу та його аналіз

Створено бази метеорологічних даних по температурі, опадам та відносній вологості для Львівської та Харківської метеостанцій [19].

Використано метод перехресного датування для встановлення для кожного річного кільця дерева дати його формування. Спочатку керни було висушено на повітрі, а потім величина річних кілець вимірювалась з точністю 0,01 мм за допомогою приладу для вимірювання річних кілець дерев «HENSON» та бінокулярного мікроскопа МБС – 9. Перед вимірюванням кернів для більшої чіткості границь річних кілець знімали тонкий (1-2 мм) верхній шар деревини лезом поперек волокон та при необхідності обробляли їх крейдою з метою виявлення більш чітких меж між річними шарами деревини [16].

Під час перехресного датування деревних кілець методом «скелетних графіків» (графічним методом) визначали точні дати формування кожного кільця та на підставі цього отримали деревно-кільцеві хронології.

Величина поточного радіального приросту має значну варіацію. З метою виключення індивідуальних особливостей окремих дерев проведено осереднення індивідуальних серій радіального приросту сосни. Обчислено основні статистичні характеристики деревно-кільцевих хронологій [1].

В загальних деревно-кільцевих серіях для кожної пробної площі було визначено середню абсолютну ширину кільця  $R(t)$  та її стандартне відхилення  $DR(t)$ . Перший з цих показників характеризує ріст дерева, обумовлений всім комплексом факторів довкілля, при цьому на початковому етапі вікові фактори перекривають всі інші і створюють характерну криву «великого росту».

Відношення стандартного відхилення до середньої величини річного кільця приросту (коефіцієнт варіації):

$$S_s(t) = DR(t)/R(t) \quad (2.1)$$

показує частку аномальних складових приросту, що пов'язані з втратою та відновленням цілісності деревостану і характеризує структурну стійкість насадження. Збільшення коефіцієнта варіації приросту характеризує зменшення структурно-ценотичної стійкості дерев [1].

Гідрологічним роком є період з 1 жовтня попереднього до 30 вересня поточного року. Перша половина гідрологічного року – період осінньо-зимового накопичення вологи, з 1 жовтня попереднього до 1 квітня поточного року. Період інтенсивного росту – травень, червень, липень поточного року [10].

Індекс аридності лісів *FAI* – що визначає кліматичні умови під час зростання зелених насаджень, визначають за формулою [18]

$$(2.2)$$

де:  $T_{VII-VIII}$  – середня температура липня та серпня, °С;  $P_{V-VII}$  – сума опадів за травень-липень та  $P_{VII-VIII}$  – сума опадів за липень-серпень, мм;  $C_g = 100 \text{ мм}^\circ\text{С}$  є константою. Вводячи константу  $C_g$  з розмірністю, *FAI* втратив свою розмірність і став "істинним" індексом, тобто безрозмірним числом. *FAI* може бути дуже важливим інструментом для представлення кліматичних умов під час щорічного росту лісу, що особливо важливо для тих, хто займається лісовим і сільським господарством [18].

Індекс Де Мартонне – використовується для визначення типу клімату в даний час на визначеній території

Формула для розрахунку:

$$(2.3)$$

$$(2.4)$$

де  $P_a$  та  $P_m$  – річна та місячна кількість опадів,  $T_a$  та  $T_m$  – середні річні та місячні температури повітря та  $C' = 10 \text{ }^\circ\text{С}$  – константа Де Мартонне.

Гідротермічний коефіцієнт Селянінова – коефіцієнт рівня вологозабезпеченості території. Дорівнює відношенню суми опадів в мм за період, коли середньодобові температури становити більше  $10 \text{ }^\circ\text{С}$ .

Формула для розрахунку:

$$(2.5)$$

R – опади за період із температурою вище 10°C

$\sum T > 10^\circ$  – сума температур, що є більшими за +10°C.

ГТК  $O_1$  - співвідношення температури повітря та кількості опадів за період з жовтня попереднього року по вересень поточного року. [5]

$$O_1 = t_o \cdot 100 / V_o \quad (2.6)$$

де  $O_1$  – гідротермічний коефіцієнт;  $t_o$  – температура за гідрологічний рік (°C),  $V_o$  – сума опадів (мм) за той же період.

Далі проводиться кореляційний аналіз, суть якого полягає у виявленні позитивних або негативних зв'язків між показниками.

У даній роботі кореляційний аналіз проводився за два періоди: 1986 – 2004 рр. до спалаху каштанової мінуючої молі в Україні, та 2005-2024 рр. – після спалаху ентомошкідника. Визначення коефіцієнтів кореляції здійснюється шляхом застосування функції «=КОРРЕЛ» в програмі EXCEL.

## РОЗДІЛ 3

РАДІАЛЬНИЙ ПРИРІСТ ГІРКОКАШТАНА ЗВИЧАЙНОГО ПІД  
ВПЛИВОМ ЗМІНИ КЛІМАТУ ТА ІНВАЗІЇ КАШТАНОВОГО МІНЕРА

## 3.1 Динаміка радіального приросту гіркокаштану звичайного в зелених насадженнях м. Львова

Побудовано локальну деревно-кільцеву хронологію гіркокаштану звичайного, яку розвинуто на основі 11 кернів. Виявлено роки мінімального приросту дерев (1985, 1989, 1994, 1999, 2009, 2012, 2016 та 2019 рр.) Обчислено норму радіального приросту як середнє значення ширини річного кільця за період 1982-2020 рр.). Порівняно з нормою відхилення від норми коливалися в межах від 12 до 71%). При цьому для першого періоду (до спалаху) ці відхилення склали 12-23, відповідні значення для другого періоду – 17-72%. Роки максимального приросту дерев: 1984, 1988, 1991, 2002. Від 14 до 52% відмічено збільшення величин річних кілець порівняно з нормою у дані роки (рис. 3.1).

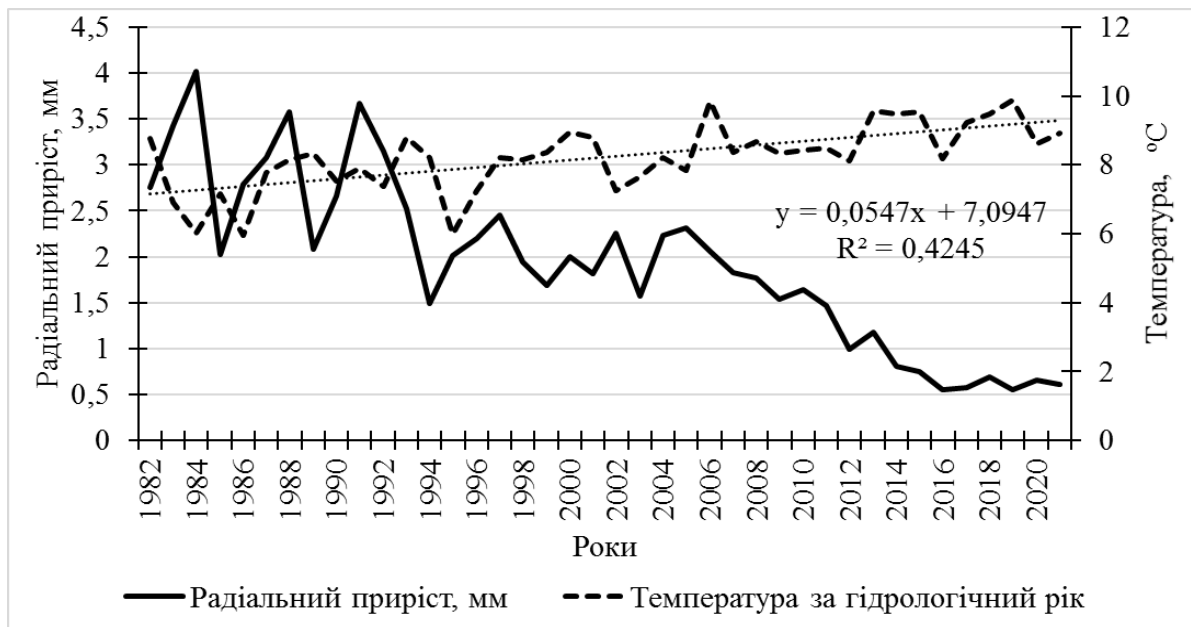


Рис. 3.1 - Динаміка радіального приросту гіркокаштану звичайного в зелених насадженнях м. Львова та температури гідрологічного року за даними Львівської метеостанції [15]

Радіальний приріст гіркокаштана звичайного у Львові стабілізувався упродовж 2016–2021 рр. незважаючи на підвищення температур та інвазію каштанового мінера.

Порівняно радіальний приріст дерев в середньовікових насадженнях для періоду перед початком спалаху каштанового мінера (1982-2001 рр.) та після нього (2002-2021 рр.). Також порівняно температури за гідрологічний рік за ці періоди за даними Львівської. Встановлено, що у першому періоді Для Львова у першому періоді радіальний приріст становив  $2,57 \pm 0,16$  мм, а у другому –  $1,30 \pm 0,14$ . Тобто приріст зменшився у 2007-2023 рр. в порівнянні з 1990-2006 рр. на 49% (табл. 3.1)

Таблиця 3.1.

Описова статистика радіального приросту гіркокаштана звичайного в зелених насадженнях м. Львів [3]

Показники	Періоди
	1982-2001 рр.
Середнє, мм/похибка	$2,57 \pm 0,16$
Стандартне відхилення	0,72
Дисперсія	0,52
Мінімальне значення, мм	1,49
Максимальне значення, мм	4,14
Коефіцієнт варіації ( <i>V</i> )	28

Про ослаблення дерев упродовж 2002 – 2021 рр. свідчать керни, половина яких має гниль та коефіцієнт варіації, який є значно вищим у другому періоді.

Отже, після спалаху каштанового мінера радіальний приріст гіркокаштана звичайного зменшився майже вдвічі. У цей період стійкість дерев також знизилася, про що свідчить збільшення коефіцієнту варіації для деревно-кільцевої хронології.

Обчислено середні температури та опади за гідрологічний рік. Як зазначено вище, гідрологічним роком є період з 1 жовтня попереднього до 30 вересня поточного року. Перша половина гідрологічного року – період

осінньо-зимового накопичення вологи, з 1 жовтня попереднього до 1 квітня поточного року. Період інтенсивного росту – травень, червень, липень поточного року. [10] Роки мінімального приросту, головним чином, характеризуються дефіцитом опадів та максимальною температурою, а роки максимального приросту – прийнятними температурами та кількістю опадів (див. рис. 3.1, 3.2).

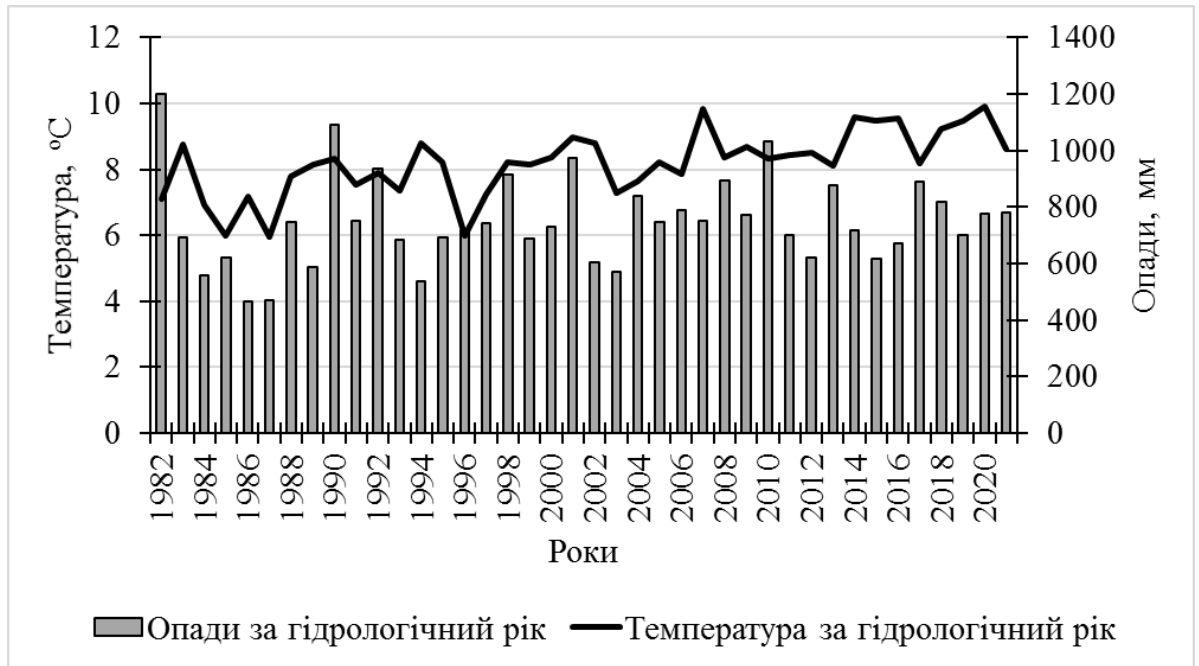


Рис. 3.2 - Динаміка показників температур та опадів за гідрологічний рік за даними Львівської метеостанції

На основі 11 індивідуальних деревно-кільцевих хронологій побудовано локальну хронологію, із якої видалено низькочастотні коливання, тобто віковий тренд. При цьому використано 3-річну ковзну. Обчислено норму радіального приросту як середнє значення ширини річного кільця за період 1982–2020 рр. Порівняно з нормою відхилення від норми коливалися в межах від 12 до 71%. При цьому для першого періоду (до спалаху) ці відхилення склали 12-23, відповідні значення для другого періоду – 17-72%. Від 14 до 52% відмічено збільшення величин річних кілець порівняно з нормою у ці роки. Як

вже було зазначено, у другому періоді радіальний приріст зменшився порівняно з першим майже вдвічі (рис. 3.3).

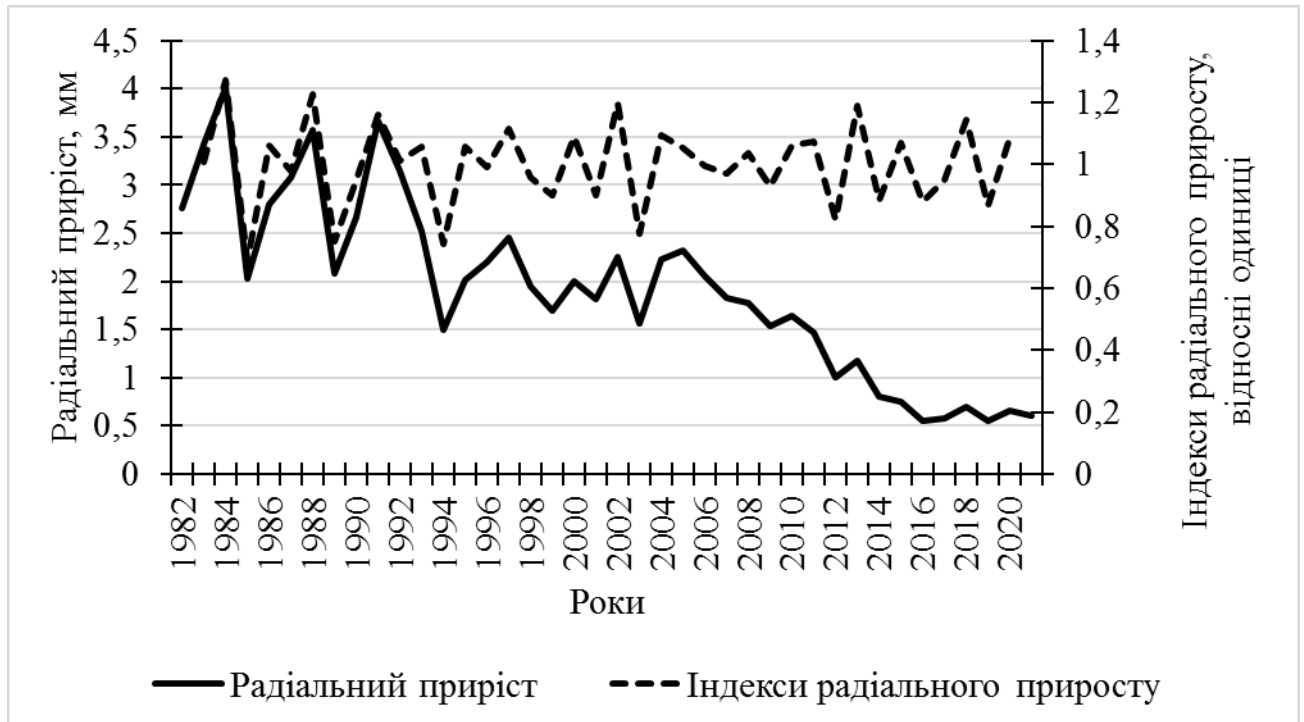
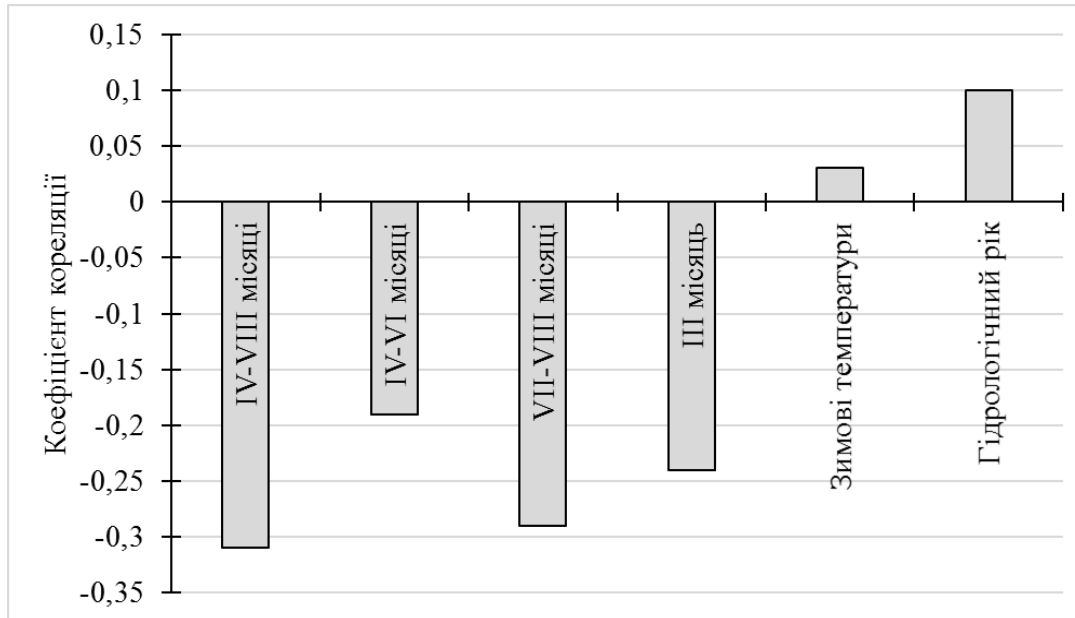


Рис. 3.3 - Динаміка радіального приросту та індексів для гіркокаштана звичайного в зелених насадженнях м. Львів

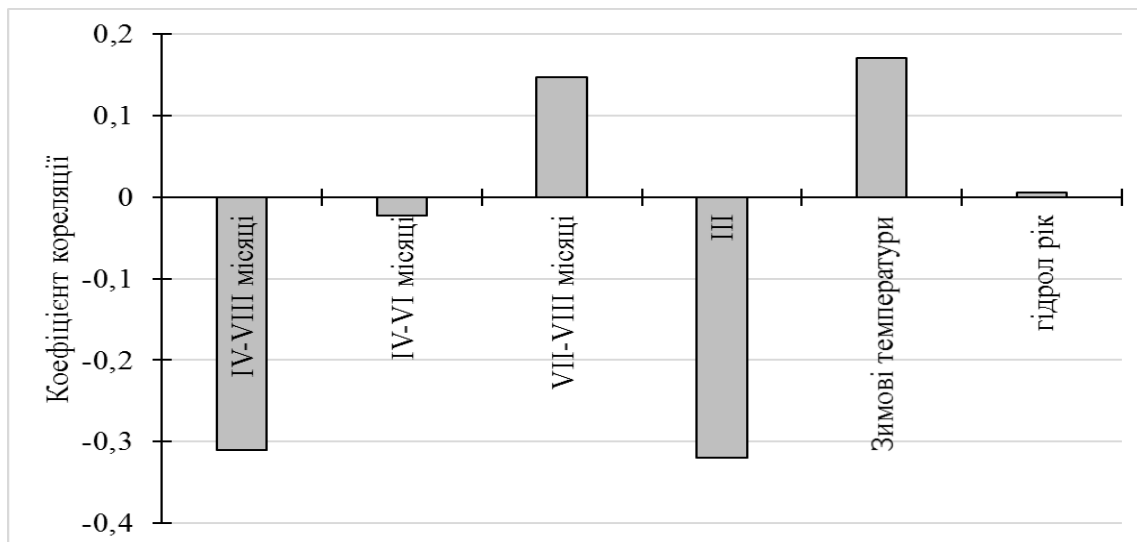
Проведено кореляційний аналіз між індексами радіального приросту та кліматичними чинниками за різні періоди гідрологічного року. Виявлено, що негативний вплив температур пом'якшився у другому періоді порівняно з першим. В помірному поясі важко виявити значущі зв'язки між деревно-кільцевими хронологіями та кліматичними факторами тому що в цих кліматичних умовах фактори, які обмежують ріст дерев змінюються упродовж всього року.

Проведено кореляційний аналіз між індексами радіального приросту та температурними чинниками за різні періоди гідрологічного року для 1983–2001 рр. та для 2002–2020 рр. Встановлено, що негативний вплив температур на радіальний приріст, який спостерігався в першому періоді упродовж вегетаційного періоду дещо ослабився у другому періоді, що можна пояснити

тим, що гіркокаштан звичайний теплолюбна рослина родом з Балканського півострова і на даному етапі температура могла позитивно вплинути на приріст. Але березневі температури стали більш негативно впливати на приріст у другому періоді (рис. 3.4).



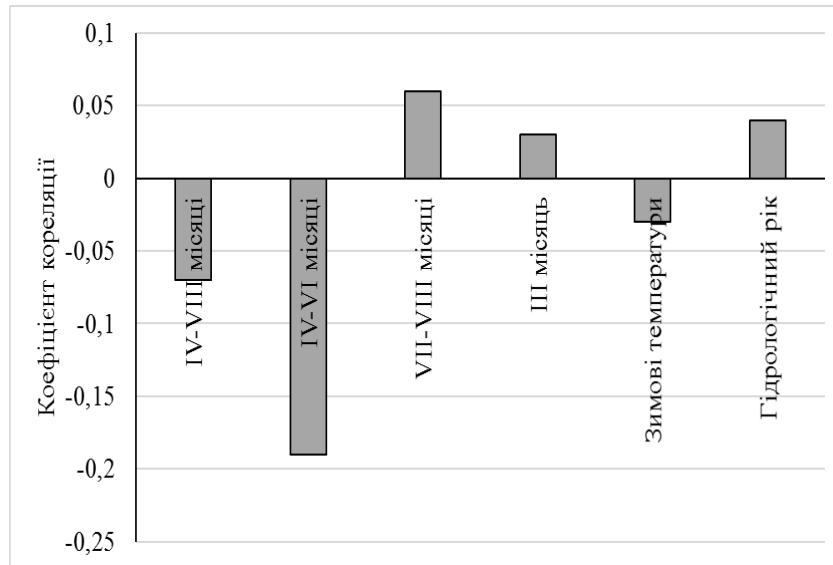
а) 1983–2001 рр.



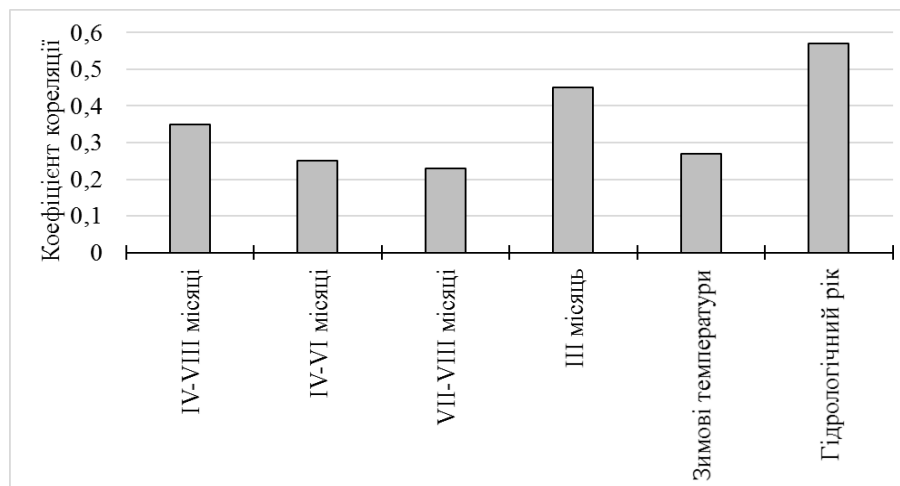
б) 2002-2020 рр.

Рис. 3.4 - Кореляційний аналіз між індексами радіального приросту гіркокаштана звичайного в насадженні м. Львів та температурними показниками за різні періоди гідрологічного року

Кореляційний аналіз між індексами радіального приросту та опадами показав, у другому періоді опади стали більше обмежувати формування річних кілець дерев. Вплив опадів за гідрологічний рік на приріст виявився значущим позитивним ( $r=0,57$  на рівні 0,05). Тобто чутливість приросту до опадів збільшилася після початку спалаху мінуючої молі. До того ж рекреація та забруднення від транспорту могли також негативно вплинути на радіальний приріст дерев.



а) 1983–2001 рр.



б) 2002–2020 рр.

Рис. 3.5 - Кореляційний аналіз між індексами радіального приросту гіркого каштана звичайного в насадженнях м. Львів та опадами за різні періоди гідрологічного року

### 3.2 Динаміка радіального приросту гіркого каштана звичайного в зелених насадженнях м. Харкова.

Порівняно радіальний приріст дерев в середньовікових насадженнях для періоду перед початком спалаху каштанового мінера (1982-2001 рр.) та після нього для 1990-2006 та 2007-2023 рр. для Харкова. Також порівняно температури за гідрологічний рік за ці періоди за Харківської метеостанції. Встановлено, що у першому періоді для Харкова радіальний приріст становив  $2.57 \pm 0.19$  мм, а у другому періоді –  $1,10 \pm 0,06$ , тобто відбулося зменшення приросту на 57%. Температури за гідрологічний рік для періоду перед інвазією каштанової молі становили для Львова  $7,73 \pm 0,21$  та  $8,70 \pm 0,17$ . Тренд радіального приросту зменшувався гіркого каштана звичайного до 2023 року. Упродовж 2005–2006 рр. це зниження було стрімким, а після цього періоду зниження приросту уповільнилося (рис. 3.6).

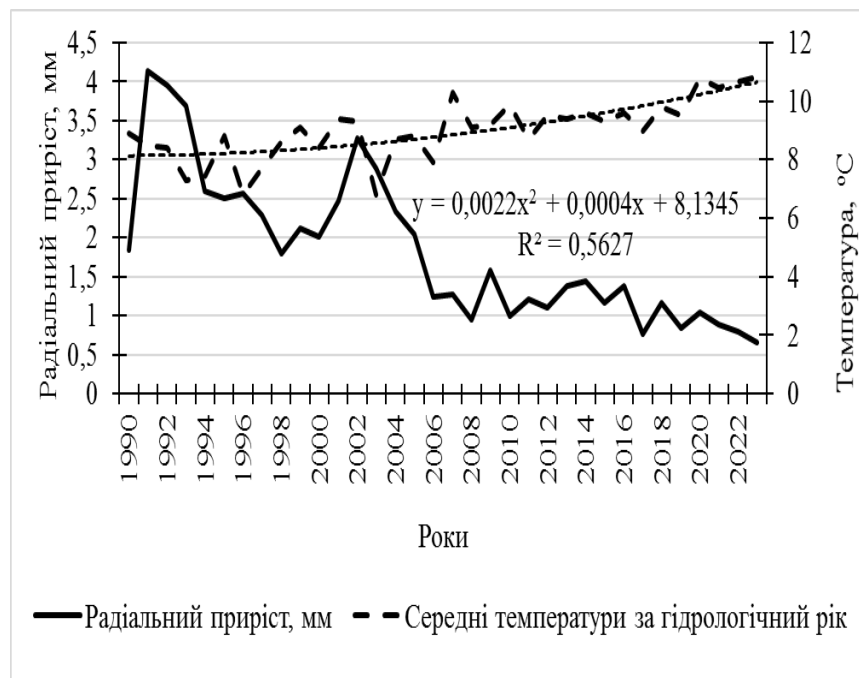


Рис 3.6 - Динаміка радіального приросту гіркого каштана звичайного в зелених насадженнях м. Харкова та температур гідрологічного року за даними Харківської метеостанції [15]

Статистичний аналіз радіального приросту гіркокаштана звичайного за 1986-2004 та 2005-2023 рр. показав, що радіальний приріст у другому періоді зменшився більш ніж вдвічі (на 56%), що, ймовірно викликане не тільки віковими причинами, але й потеплінням клімату і пов'язаними з цим біотичними чинниками, такими як мінуюча міль (*Cameraria ohridella*), яка є інвазійним видом, тому боротися з нею важко. Варіабельність величин деревних кілець, збільшилася у другому періоді, про що свідчить коефіцієнт варіації (табл. 3.2).

Статистичний аналіз радіального приросту гіркокаштана звичайного за 1986-2004 та 2005-2023 рр. показав, що радіальний приріст у другому періоді зменшився більш ніж вдвічі (на 56%), що, ймовірно викликано не тільки віковими причинами, але й потеплінням клімату і пов'язаними з цим біотичними чинниками, такими як спалахи мінуючої молі (*Cameraria ohridella*), яка є інвазійним видом, тому боротися з нею важко. Варіабельність величин деревних кілець зменшилася у другому періоді майже вдвічі, про що свідчать стандартне відхилення та дисперсія (табл. 3.2).

Таблиця 3.2.

Описова статистика радіального приросту гіркокаштана звичайного в зелених насадженнях м. Харкова

Показник	1986–2004 рр.	2005–2023 рр.
Середнє/ помилка	2,65±0,15	1,15±0,08
Стандартне відхилення	0,68	0,33
Дисперсія вибірки	0,47	0,11
Мінімум	1,80	0,65
Максимум	4,13	2,04
Коефіцієнт варіації ( <i>V</i> )	26	29

Обчислено середні температури та опади за гідрологічний рік за даними Харківської метеостанції. Встановлено роки з максимальними температурами

за гідрологічний рік: 1990, 2008, 2009, 2016, 2017, 2018 роки, коли температури коливалися в межах від 8,9 до 10,5 °С. Роки з мінімальною кількістю опадів за гідрологічний рік, коли кількість опадів коливалася в межах від 417 до 521 мм. Роки з максимальною кількістю опадів за гідрологічний рік: 1988, 1991, 1996, 2000, 2006, 2010, 2016. У ці роки кількість опадів коливалася в межах від 653 до 782 мм (рис. 3.7).

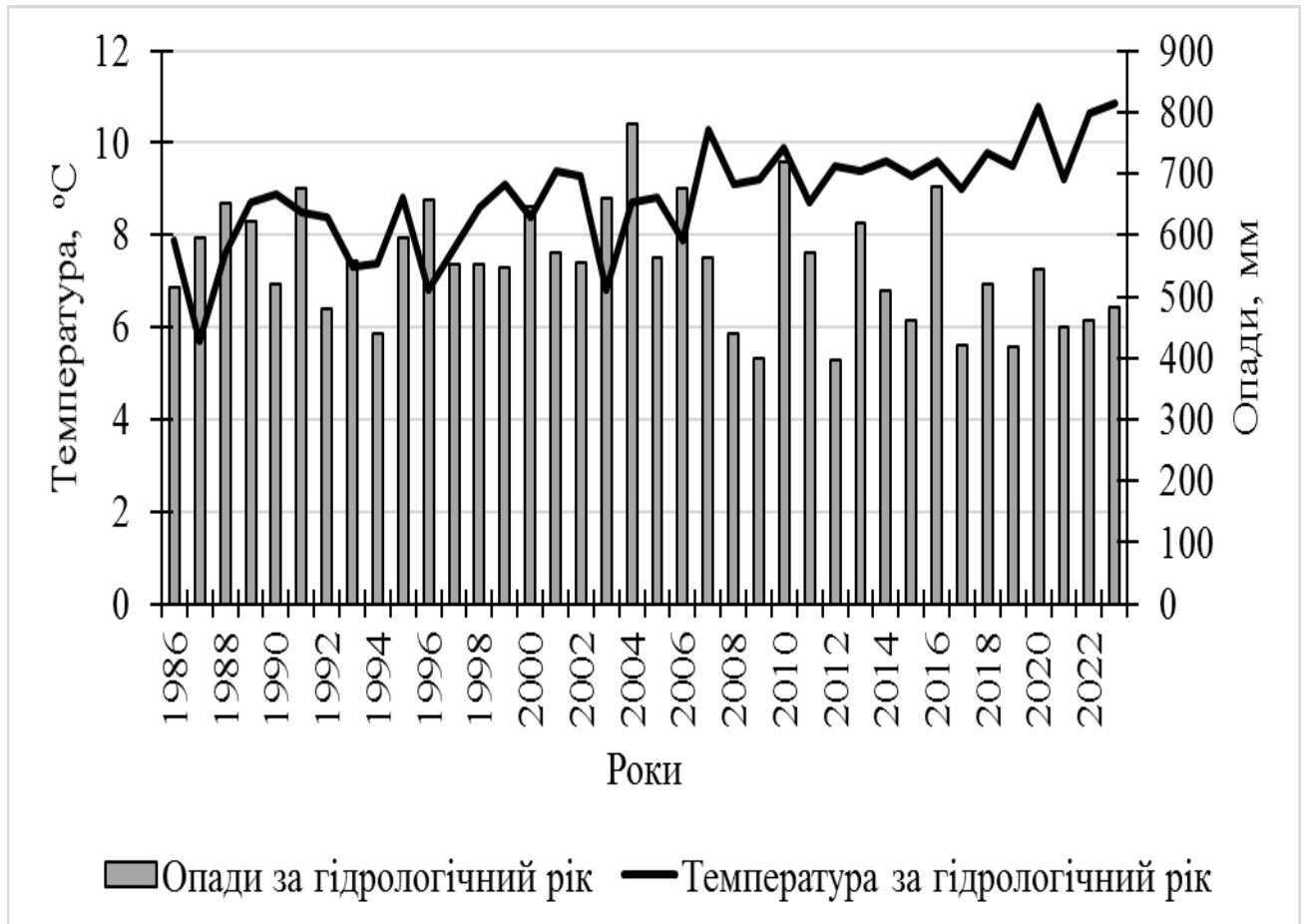


Рис. 3.7 - Динаміка показників температур та опадів за гідрологічний рік за даними Харківської метеостанції

Виділено періоди збільшення приросту: 1977-1985, 2002-2003 та його зменшення: 1986–1991, 1994–2001 рр. З 2004 року почалося різке зменшення радіального приросту дерев, яке триває дотепер. Встановлено роки мінімального (1978, 1981, 1983, 1986, 1990, 1994, 1998, 2006, 2008, 2010, 2012, 2015, 2017, 2019 рр.) та максимального приросту (1979, 1982, 1985, 1987, 1991,

2002, 2009, 2014, 2016, 2018 рр.). На основі 11 індивідуальних деревно-кільцевих хронологій побудовано локальну хронологію (рис. 3.8).

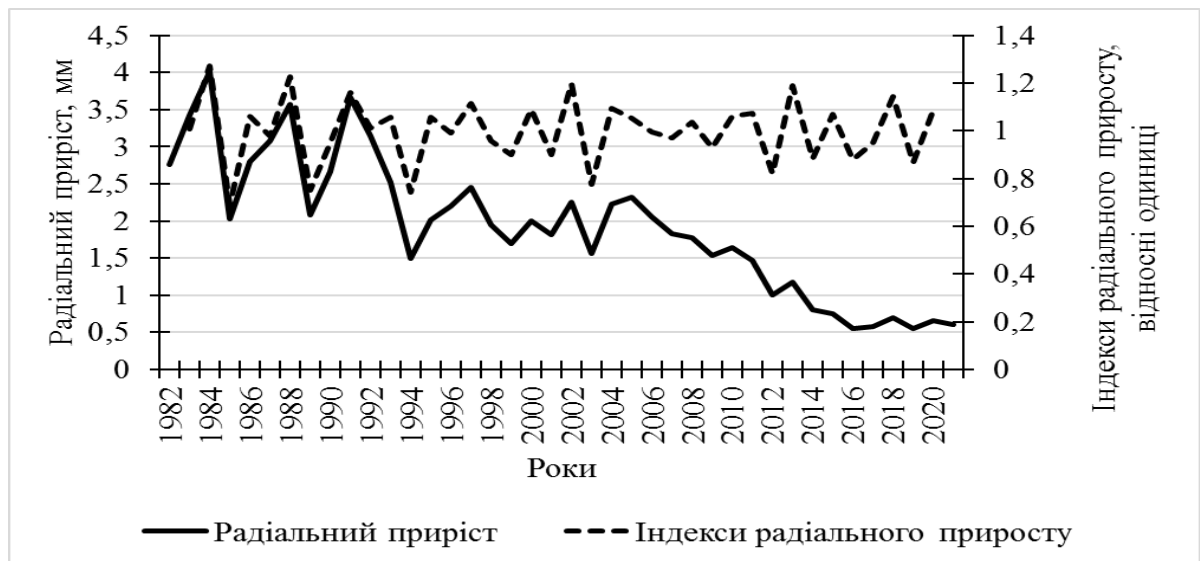
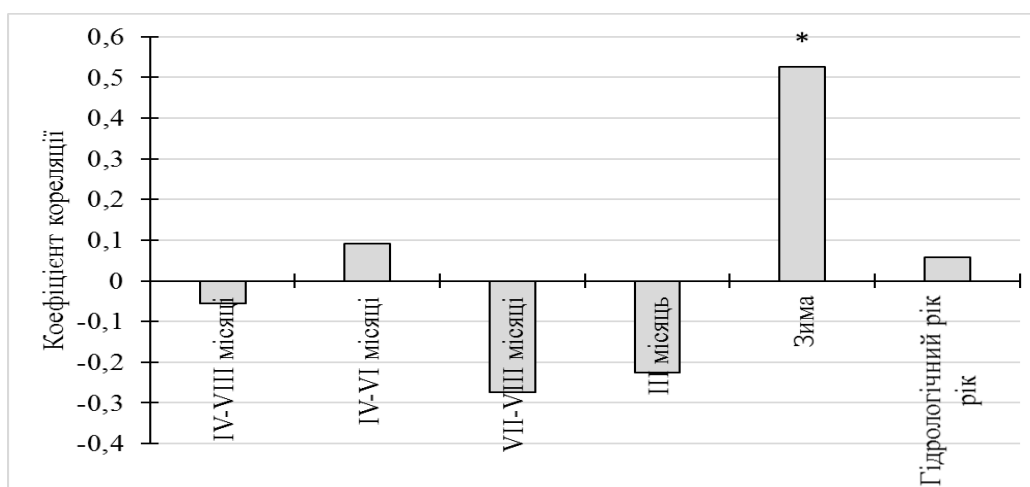


Рис. 3.8. - Динаміка радіального приросту та індексів для гіркого каштана звичайного в м. Харків [4]

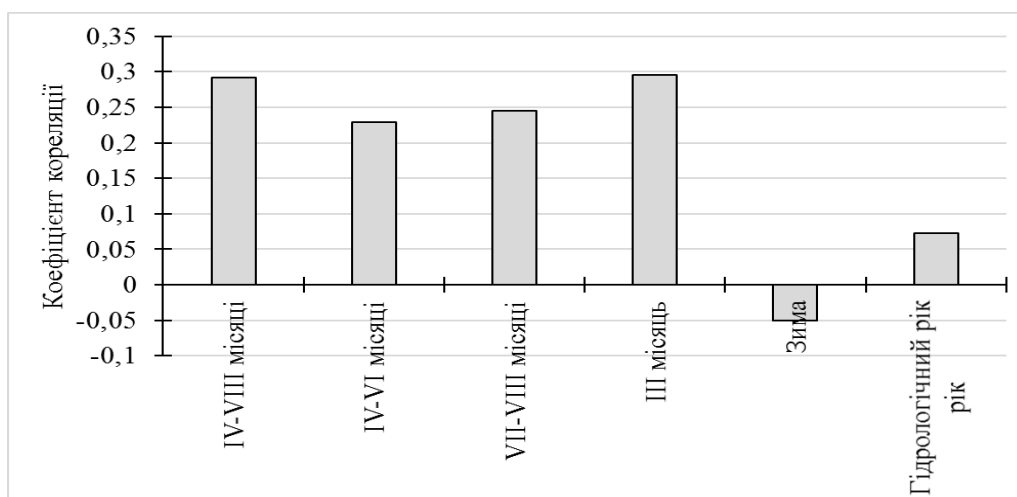
В останні десятиріччя відбувається невпинне збільшення температури. Так за 2005–2023 рр. порівняно з 1986–2004 рр. температура за гідрологічний рік збільшилася на 1,49 °С, за квітень-серпень – на 1,52 °С. Тобто в перший період середні температури за гідрологічний рік та квітень-серпень у першому періоді становили 8,1 та відповідно 17,0°С, а у другому – 9,6 та 18,5 °С. Тобто підвищення температури у другому періоді порівняно з першим становило 16% за гідрологічний рік та 9% за вегетаційний період.

Порівняно вплив кліматичних чинників на радіальний приріст дерев за 1986-2004 рр. та 2005-2023 рр. Встановлено, що середня температура за гідрологічний рік у другому періоді порівняно з першим підвищилась на 1,49 °С, а також відповідне значення за вегетаційний період становило 1,52 °С. Кількість опадів як за гідрологічний рік, так і за вегетаційний період, зменшилася на 83 мм та 36 мм у другому періоді. Шляхом проведення кореляційного аналізу між індексами радіального приросту дерев і середніми

температурами та сумами опадів за різні частини гідрологічного року за 1986–2004 рр. та 2005–2023 рр. встановлено, що зв'язки між опадами, температурами та гідротермічними коефіцієнтами є слабкими та середніми. Встановлено значущий позитивний вплив зимових температур на радіальний приріст гіркокаштана звичайного у 1986–2004 рр. ( $R=0,52$ ,  $t_{\text{факт.}} = 2,55$ ,  $t_{\text{теор.}}=2,11$  на рівні 0,05 значущості). У другому періоді цей вплив став негативним. В цілому у другому періоді вплив температур більш позитивно впливав на приріст, ніж у другому (рис. 3.9)



а) 1986–2004 рр.

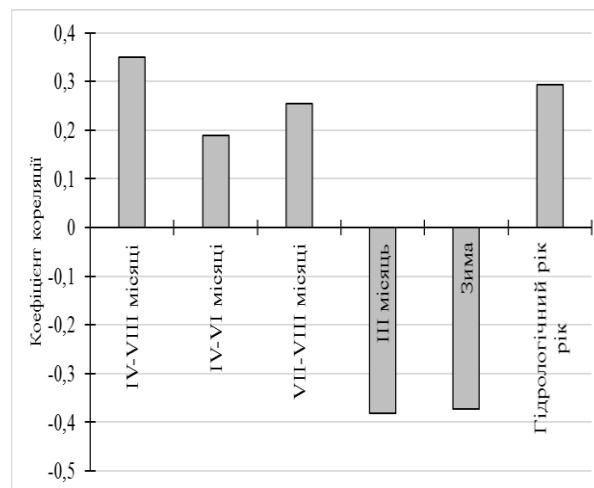


б) 2005–2022 рр.

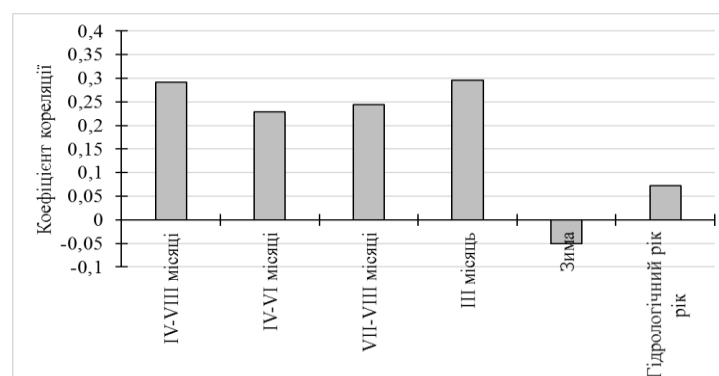
Рис. 3.9 - Кореляційний аналіз між індексами радіального приросту гіркокаштана звичайного в зеленомим насадженнях м. Харків та температурами за різні періоди гідрологічного року.

Примітка: \* – значущість коефіцієнта кореляції на 0,05 рівні

Кореляційний аналіз між індексами радіального приросту гіркокаштана звичайного та опадами за період до початку інвазії каштанового мінера (1986–2004 рр.) та після нього (2005–2022 рр.) показав, що опади березня у другому періоді позитивно впливали на приріст у другому періоді на відміну від першого періоду, де цей вплив був негативним. Але у другому періоді зимові опади в меншій мірі обмежували радіальний приріст дерев. Упродовж квітня–серпня опади позитивно впливали на приріст упродовж обох періодів (рис. 3.10).



а) 1986–2004 рр.



б) 2005–2022 рр.

Рис. 3.10. - Кореляційний аналіз між індексами радіального приросту гіркокаштана звичайного в насадженнях м. Харків та опадами за різні періоди гідрологічного року

Кореляційний аналіз між індексами радіального приросту та гідротермічними коефіцієнтами показав Індекс Де Мартонне виявився найбільш інформативним для насадження гіркогоаштана звичайного в лісостеповій зоні м. Харкова (табл. 3.2).

*Таблиця 3.2*

Кореляційні коефіцієнти між локальною індексною деревно-кільцевою хронологією гіркогоаштана звичайного та кліматичними чинниками [11]

Гідротермічні коефіцієнти	Періоди
	1986–2004 рр.
Індекс Де Мартонне	0,26
ГТК Селянінова	0,34
Індекс аридності лісів (Forestry Aridity Index, FAI)	-0,38
O <sub>1</sub>	-0,39

## ВИСНОВКИ

1. Порівняно радіальний приріст дерев в середньовікових насадженнях для періоду перед початком спалаху каштанового мінера (1982-2001 рр.) та після нього (2002-2021) для Львова та для 1990-2006 та 2007-2023 рр. для Харкова. Також порівняно температури за гідрологічний рік за ці періоди за даними Львівської та Харківської метеостанцій. Встановлено, що у першому періоді для Харкова радіальний приріст становив  $2.57 \pm 0.19$  мм, а у другому періоді –  $1,10 \pm 0,06$ , тобто відбулося зменшення приросту на 57%.

2. Для Львова у першому періоді радіальний приріст становив  $2.57 \pm 0,16$  мм, а у другому –  $1,30 \pm 0,14$ . Тобто приріст зменшився у 2007-2023 рр. в порівнянні з 2007-2023 рр. на 49%.

3. Для першого періоду (до спалаху) ці відхилення від норми радіального приросту гіркогокаштана звичайного у зеленому насадженні Львова склали 12-23%, відповідні значення для другого періоду – 17-72%.

4. Встановлено, що у другому періоді у Львівському насадженні вплив температур на радіальний приріст гіркогокаштана звичайного, в основному, став більш позитивним за різні періоди гідрологічного року.

5. У Львівському насадженні збільшилася залежність радіального приросту гіркогокаштана звичайного у другому періоді, тобто зросла кількість позитивних коефіцієнтів кореляції, що свідчить про більше обмеження радіального приросту дерев кількістю опадів і збільшення чутливості дерев до їх кількості.

6. В зеленому насадженні м. Харкова при порівнянні впливу клімату на радіальний приріст гіркогокаштана звичайного у 1986-2004 рр. та 2005- 2022 рр. встановлено, що опади позитивно впливали на приріст на відміну від температури, яка впливала на радіальний приріст негативно. Це є характерним для обох періодів.

7. Серед гідротермічних коефіцієнтів найбільш інформативним виявився коефіцієнт Де Мартонне, який відображає співвідношення опадів і

температури за вегетаційний період., значення якого збільшилося у другому періоді для гіркокаштана звичайного у м. Харків.

8. При порівнянні радіального приросту гіркокаштана звичайного для періодів до початку інвазії каштанового мінера (1982-2001 рр.) та після нього (2002-2021 рр.) у Львові та відповідно для Харкова для 1986-2004 та 2005-2023 рр., зниження приросту було удвічі меншим у другому періоді в порівнянні з першим, незважаючи на те, що каштановий мінер прийшов у Харків на 5 років пізніше, ніж у Львів. Зменшення радіального приросту гіркокаштана звичайного відбувалося на тлі підвищення температур та антропогенного навантаження (забруднення від автомобільного транспорту та рекреації).

9. Радіальний приріст гіркокаштана звичайного у Львові стабілізувався упродовж 2016–2021 рр. на відміну від гіркокаштану звичайного в Харкові, де тренд радіального приросту зменшувався до 2023 року. При цьому упродовж 2008–2023 рр. це зниження було незначним.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Атраментова Л. А., Утевська О. М. *Статистичні методи в біології: підручник*. Горлівка: ЧП «Видавництво Ліхтар», 2008. 248 с.
2. Букша І. Ф., Бондарук М. А., Целіщев О. Г., Пивовар Т. С., Букша М. І., Пастернак В. П. Прогноз життєздатності сосни звичайної і дуба звичайного у разі зміни клімату в рівнинній частині України. *Лісівництво і агролісомеліорація*. 2017. Вип. 130. С. 146–158. URL: <http://jnas.nbuu.gov.ua/article/UJRN-0000827863>
3. Коваль І. М., Шпаківська І. М., Воронін В. О., Чермних М. О. Динаміка радіального приросту гіркокаштана звичайного в насадженнях м. Львова під впливом каштанової мінуючої молі. *Охорона довкілля: зб. наук. ст. XIX Всеукр. наук. Таліїв. читань (27 жовт. 2023 р.)*. Харків: ХНУ, 2023. С. 162–164.
4. Коваль І., Максименко Н., Чермних М. Вплив зміни клімату на радіальний приріст гіркокаштана звичайного в зелених насадженнях м. Харкова. *Адаптивний менеджмент ландшафту.: матеріали міжнар. конф. (Львів–Ворохта, 25–28 вересня 2024 р.)*. Львів: ЛНУ ім. І. Франка, 2024. С. 152–155. URL: [https://geography.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2024/09/AdaptLandMngmnt\\_2024.pdf](https://geography.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2024/09/AdaptLandMngmnt_2024.pdf)
5. Коваль І. М. Дендрохронологічні засади оцінювання соснових і дубових деревостанів України: монографія. Харків: Мачулін, 2023. 252 с. URL: [https://www.researchgate.net/publication/369825923\\_Dendrochronologicni\\_zasadi\\_ocinuvanna\\_sosnovih\\_i\\_dubovih\\_derevostaniv\\_Ukraini](https://www.researchgate.net/publication/369825923_Dendrochronologicni_zasadi_ocinuvanna_sosnovih_i_dubovih_derevostaniv_Ukraini)
6. Коваль І. М., Мікуліна І. М. Дендрохронологічні дослідження кінського каштана звичайного, пошкодженого каштановою мінуючою міллю в Лісостепу. *Наук. вісн. НЛТУ України*. 2012. Вип. 22.10. С. 40–45. URL: [http://www.irbis-nbuu.gov.ua/cgi-bin/irbis\\_nbuu/cgiirbis\\_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21](http://www.irbis-nbuu.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuu/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21)

REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP\_meta&C21COM=S&2\_S21P03=FILA=&2\_S21STR=nvnltu\_2012\_22.10\_9

7. Коваль І., Гололобов В., Чермних М. Радіальний приріст клена звичайного в умовах зміни клімату. *Актуальні проблеми формальної і неформальної освіти з моніторингу довкілля та заповідної справи*: зб. тез доп. III Міжнар. Інтернет-конф. (Харків, 26 квіт. 2024 р.). Харків: ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2024. С. 109–111.

8. Левон Ф. М., Шумик М. І., Ільєнко О. О. Гіркокаштан звичайний (*Aesculus hippocastanum* L.) у зелених насадженнях Києва: проблеми та перспективи культури у сучасних умовах. *Інтродукція рослин*. 2007. № 3. С. 60–66. URL: [http://jnas.nbu.gov.ua/j-pdf/IR\\_2007\\_3\\_13.pdf](http://jnas.nbu.gov.ua/j-pdf/IR_2007_3_13.pdf)

9. Санітарні правила в лісах України: затв. постановою КМУ від 27.07.1995 р. № 555. *Офіц. вісн. України*. 2016. № 87. Ст. 2839. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-95-%D0%BF#Text>

10. Соломаха Н., Короткова Т. Вплив змін клімату на інтразональну лісову рослинність заповідного урочища «Маріупольська лісова дача». *Вісті біосферного заповідника «Асканія-Нова»*. 2021. № 21. С. 124–132. <https://doi.org/10.53904/1682-2374/2019-21/17>

11. Чермних М. О., Коваль І. М. Дендроіндикація гіркокаштана звичайного в зелених насадженнях Харкова. *Охорона довкілля*: зб. наук. ст. XX Всеукр. наук. Таліїв. читань (25 жовт. 2024 р.). Харків: ХНУ, 2024. С. 207–209.

12. Шишканинець І. Ф., Мазепа В. Г. Вплив клімату на радіальний приріст бука в середньовікових деревостанах у верхів'ї басейну р. Латориця. *Лісівництво та агроеліорація*. 2018. Вип. 133. С. 112–118. DOI: <https://doi.org/10.33220/1026-3365.133.2018.112>

13. Cedro A., Nowak G. Influence of horse-chestnut leaf miner invasion on the growth–climate relationship of common horse-chestnut trees from north-western Poland. *Sylwan*. 2022. Vol. 166(2). P. 101–113. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylwan.2021107>

14. Chermnykh M., Koval I. The impact of war on forest ecosystems in Ukraine. *Ecology is a priority*: coll. theses of the All-Ukrainian English-speaking student conference (Kharkiv, March 15, 2024). Kharkiv: V. N. Karazin KhNU, 2024. P. 9–11. URL: <https://ecology.karazin.ua/wp-content/uploads/2025/04/ecology-is-a-a-priority-zbirka-2024.pdf>
15. Chermnykh M. O., Koval I. M. Dendroindication of horse chestnut in green plantings of Kharkiv and Lviv. *Ecology is a priority*: All-Ukrainian English-speaking student conference (March 14, 2025, Kharkiv, Ukraine). Kharkiv: V. N. Karazin National University, 2025. (PDF 142 p.). URI: <https://ekhnuir.karazin.ua/handle/123456789/20978>
16. Cook E. R., Kairiukstis L. A. *Methods of Dendrochronology: Applications in the Environmental Sciences*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1990. 394 p. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-94-015-7879-0>
17. Fritts H. C. *Tree Rings and Climate*. London: Academic Press, 1976. 567 p. URL: <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=1559073>
18. Gavrilov M. B., An W., Xu C. та ін. Independent aridity and drought evidence based on meteorological data and tree ring data in Southeast Banat, Vojvodina, Serbia. *Atmosphere*. 2019. Vol. 10. Article 586. <https://doi.org/10.3390/atmos10100586>
19. Climate - Climate data. *www.tutiempo.net*. URL: <https://en.tutiempo.net/climate> (дата звернення: 06.05.2025).
20. Jagiełło R., Baraniak E., Karolewski P. та ін. Ecophysiological aspects of the interaction between *Cameraria ohridella* and *Guignardia aesculi* on *Aesculus hippocastanum*. *Dendrobiology*. 2017. № 78. P. 146–156. URL: [https://www.researchgate.net/publication/319492701\\_Ecophysiological\\_aspects\\_of\\_the\\_interaction\\_between\\_Cameraria\\_ohridella\\_and\\_Guignardia\\_aesculi\\_on\\_Aesculus\\_hippocastanum](https://www.researchgate.net/publication/319492701_Ecophysiological_aspects_of_the_interaction_between_Cameraria_ohridella_and_Guignardia_aesculi_on_Aesculus_hippocastanum)

21. Meshkova V. L. Foliage-browsing Lepidoptera (Insecta) in deciduous forests of Ukraine for the last 70 years. *Proc. of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*. 2021. № 22. P. 173–179. DOI: <https://doi.org/10.15421/412115>
22. Meshkova V. Predicted seasonal development of phytophagous forest insects in the temperate zone. *Advances in Agriculture, Horticulture and Entomology*. 2021. Vol. 6. Article ID AAHE-158. DOI: <https://doi.org/10.37722/AAHAE.2021601>
23. Percival G. C., Barrow I., Noviss K. та ін. The impact of horse chestnut leaf miner (*Cameraria ohridella*) on vitality, growth and reproduction of *Aesculus hippocastanum*. *Urban Forestry & Urban Greening*. 2011. Vol. 10. P. 11–17. URL: [https://www.researchgate.net/publication/251700117\\_The\\_impact\\_of\\_horse\\_chestnut\\_leaf\\_miner\\_Cameraria\\_ohridella\\_Deschka\\_and\\_Dimic\\_HCLM\\_on\\_vitality\\_growth\\_and\\_reproduction\\_of\\_Aesculus\\_hippocastanum\\_L](https://www.researchgate.net/publication/251700117_The_impact_of_horse_chestnut_leaf_miner_Cameraria_ohridella_Deschka_and_Dimic_HCLM_on_vitality_growth_and_reproduction_of_Aesculus_hippocastanum_L)
24. Voronin V. O., Chermnykh M. O., Koval I. M. Assessment of the impact of climate change on the ecological state of urban plantations of the common horsechestnut (*Aesculus hippocastanum* L.). *VI International Scientific Congress: Society Of Ambient Intelligence*. 2023. P. 398–403. DOI:<https://doi.org/10.46489/ISCSAI-23-30>
25. Чермних М., Коваль І. Дендроіндикація гіркокаштана звичайного в зелених насадженнях міст. *Актуальні проблеми формальної і неформальної освіти з моніторингу довкілля та заповідної справи: зб. тез доп. IV Міжнар. Інтернет-конф. (Харків, 18 квіт. 2025 р.)*. Харків: ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2025. С. 162-165.