

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
БІЛОЦЕРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
АГРОБІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Спеціальність НЗ «Садово-паркове господарство»

Допускається до захисту
Зав. кафедри садово-паркового
господарства

«_____» _____ 2025 року

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ КАШТАНА КІНСЬКОГО (AESCULUS HIPPOCASTANUM) В ОЗЕЛЕНЕННІ М. ФАСТІВ

Виконав: Шахназарян Максим Аракелович _____
прізвище, ім'я, по батькові, підпис

Керівник: доцент Зелінський Б.В. _____
вчене звання, прізвище, ініціали, підпис

Рецензент: доцент Олешко О.Г. _____
вчене звання, прізвище, ініціали, підпис

Я, Шахназарян М.А., засвідчую, що кваліфікаційну роботу виконано з дотриманням принципів академічної доброчесності.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
БІЛОЦЕРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет Агробіотехнологічний
Спеціальність НЗ Садово-паркове господарство

Затверджую
 Гарант ОП «Садово-паркове
 господарство»

« ____ » _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу здобувача
Шахназарян Максим Аракелович

Тема: Сучасний стан та перспективи використання каштана кінського
(*Aesculus hippocastanum*) в озелененні м. Фастів

Затверджено наказом ректора № ____ від _____
 Термін здачі студентом готової кваліфікаційної роботи в деканат: до
 « ____ » _____ 20__ р.

1. Перелік питань, що розробляються в роботі: Охарактеризувати природно-територіальні умови району досліджень та специфіку міського середовища, в межах якого функціонують каштанові насадження м. Фастів; організувати обстеження каштанових насаджень у межах типів урбоєкосистем м. Фастів та узагальнити показники їхнього стану (структура, санітарні й декоративні ознаки, сезонна динаміка ушкодження листя); виявити лімітуючі чинники урбанізованого середовища й оцінити їхній вплив на життєстійкість каштана в різних функціональних зонах міста; оцінити фітосанітарні ризики, передусім пов'язані з *Cameraria ohridella*, та обґрунтувати «вікна» і логіку сезонних втручань у системі захисту;

Календарний план виконання роботи

Етап виконання	Дата виконання етапу	Відмітка про виконання
Огляд літератури	01.09.– 01.10.2024	виконано
Методична частина	01.10.2024	виконано
Дослідницька частина	01.09. 2024– 1.05 2025	виконано
Оформлення роботи	01.09. 2025– 1.11. 2025	виконано
Перевірка на схожість	листопад 2025	виконано
Подання на рецензування	жовтень 2025	виконано
Попередній розгляд на кафедрі	листопад 2025	виконано

Керівник кваліфікаційної роботи _____ доцент Зелінський Б.В.

Здобувач _____ Шахназарян М.А.

Дата отримання завдання « ____ » _____ 20__ р.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ТА БІОЛОГО-ЕКОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ГІРКОКАШТАНУ ЗВИЧАЙНОГО (<i>AESCULUS HIPPOCASTANUM</i> LINNAEUS) В УМОВАХ МІСЬКИХ ЛАНДШАФТІВ.....	9
1.1. Біолого-екологічна характеристика каштана кінського (<i>Aesculus hippocastanum</i> L.).....	9
1.2. Роль і функції <i>Aesculus hippocastanum</i> у міському озелененні.....	12
1.3. Лімітуючі чинники та фітосанітарні ризики в урбоєкосистемах..	16
1.4. Сучасні підходи та перспективи збереження каштанових насаджень у містах.....	19
РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛ, МЕТОДИ ТА УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	24
2.1. Програма досліджень.....	24
2.2. Умови проведення досліджень.....	25
2.3. Методика проведення досліджень.....	27
РОЗДІЛ 3. ОЦІНКА СТАНУ КАШТАНОВИХ НАСАДЖЕНЬ (<i>AESCULUS HIPPOCASTANUM</i> L.) У М. ФАСТІВ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ПРІОРИТЕТІВ ЇХ ЗБЕРЕЖЕННЯ В УРБОЕКОСИСТЕМАХ.....	28
3.1. Організація дослідження та схема обстеження насаджень <i>Aesculus hippocastanum</i> у м. Фастів.....	28
3.2. Урбоєкосистеми м. Фастів та умови зростання каштана кінського.....	31
3.3. Структура насаджень і сучасний стан каштана кінського в м. Фастів.....	35
3.4. Вплив міських факторів та взаємозв'язки показників стану каштана кінського в м. Фастів.....	41
3.5. Перспективи використання каштана кінського в озелененні м. Фастів та практичні рекомендації.....	45
РОЗДІЛ 4. ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ЗАХИСТУ КАШТАНА КІНСЬКОГО В ОЗЕЛЕНЕННІ М. ФАСТІВ (НА ПРИКЛАДІ КАШТАНОВОЇ МІНУЮЧОЇ МОЛІ ТА СУПУТНІХ ЧИННИКІВ).....	51
ВИСНОВКИ.....	57
ПРОПОЗИЦІЇ.....	59
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	60

АНОТАЦІЯ

Шахназарян М. А. Сучасний стан та перспективи використання каштана кінського (Aesculus hippocastanum) в озелененні м. Фастів

Проаналізовано сучасний стан використання каштана кінського (*Aesculus hippocastanum* L.) у міському озелененні та обґрунтовано його роль як однієї з ключових декоративних порід, що формує просторову структуру зелених насаджень м. Фастів і забезпечує низку екосистемних функцій (затінення, пом'якшення мікроклімату, санітарно-гігієнічний ефект).

Досліджено природно-територіальні та урбоекологічні умови м. Фастів, що впливають на життєстійкість каштанових насаджень (особливості рельєфу, ґрунтові та кліматичні умови, вплив транспортного та рекреаційного навантаження, ущільнення ґрунту, дефіцит вологи).

Польові дослідження виконано на контрольних ділянках у межах м. Фастів (різні типи урбоекосистем: паркова зона, вуличні та магістральні насадження, привокзальна територія, прибережні та житлові зони). Оцінено особливості стану каштана в різних умовах місцезростання та визначено лімітуючі чинники й фітосанітарні ризики.

Встановлено, що одним із найсуттєвіших чинників зниження декоративності та життєздатності каштана в міських умовах є комплекс урбостресів (посуха, ущільнення ґрунту, пилове навантаження) у поєднанні з біотичними ушкодженнями, насамперед каштановою мінуючою міллю (*Cameraria ohridella*), що спричиняє передчасне побуріння листя і погіршення загального вигляду дерев упродовж сезону.

Обґрунтовано сучасні підходи та перспективи збереження каштанових насаджень у містах: інтегрований захист, санітарні й організаційні заходи (зокрема робота з опалим листям), агротехнічні прийоми зменшення стресу дерев (покращення ґрунтових умов, водного режиму), а також принципи планового оновлення й диверсифікації насаджень для умов м. Фастів із урахуванням ризиків і функціональних зон міста.

Кваліфікаційна робота магістра містить 65 сторінок, 9 таблиць, 14 рисунків, список використаних джерел із 60 найменувань.

Ключові слова: *Aesculus hippocastanum*, м. Фастів, міське озеленення, урбоекосистеми, життєстійкість, декоративність, лімітуючі чинники, фітосанітарні ризики, *Cameraria ohridella*, інтегрований захист, оновлення насаджень.

ABSTRACT

Shahnazaryan M. Current state and prospects for the use of horse chestnut (*Aesculus hippocastanum*) in landscaping the city of Fastiv

The current state of the use of horse chestnut (*Aesculus hippocastanum* L.) in urban landscaping has been analysed, and its role as one of the key ornamental tree species that shapes the spatial structure of green plantings in the city of Fastiv and provides a range of ecosystem functions (shading, microclimate moderation, and sanitary–hygienic effects) has been substantiated.

The natural-territorial and urban-ecological conditions of the city of Fastiv that affect the vitality of horse chestnut stands have been studied (landform features, soil and climatic conditions, the impact of traffic and recreational pressure, soil compaction, and moisture deficit).

Field studies were carried out at control sites within the city of Fastiv (different types of urban ecosystems: park areas, street and arterial plantings, the railway station area, riparian zones, and residential areas). The condition of horse chestnut under various site conditions was assessed, and limiting factors and phytosanitary risks were identified.

It was found that one of the most significant factors reducing the ornamental value and viability of horse chestnut in urban environments is a complex of urban stressors (drought, soil compaction, and dust load) combined with biotic damage, primarily caused by the horse chestnut leaf miner (*Cameraria ohridella*), which leads to premature leaf browning and deterioration of the overall appearance of trees throughout the season.

Modern approaches and prospects for conserving horse chestnut plantings in cities have been substantiated, including integrated protection, sanitary and organisational measures (in particular, the management of fallen leaves), agro-technical practices aimed at reducing tree stress (improving soil conditions and the water regime), as well as principles of planned renewal and diversification of plantings for the conditions of the city of Fastiv, taking into account risks and functional zones of the city.

The Master's qualification thesis comprises 65 pages, 9 tables, 14 figures, and a list of references including 60 sources.

Keywords: *Aesculus hippocastanum*, Fastiv, urban landscaping, urban ecosystems, vitality, ornamental value, limiting factors, phytosanitary risks, *Cameraria ohridella*, integrated protection, renewal of plantings.

ВСТУП

Каштан кінський (*Aesculus hippocastanum* L.) упродовж десятиліть залишається однією з «впізнаваних» порід міського озеленення, що формує візуальний образ вулиць і рекреаційних просторів, забезпечує затінення та підтримує комфортність перебування людей у теплий період року. Для м. Фастів ця порода має не лише естетичне, а й практичне значення як елемент зеленої інфраструктури, однак сучасний стан каштанових насаджень дедалі частіше визначається сукупністю урбоекоекологічних стресорів і фітосанітарних загроз [22, 23, 35, 38, 49].

Перспективність використання каштана у Фастові залежить не стільки від «загальної придатності виду», скільки від якості управління ним у різних типах урбоекосистем (від парків до магістральних коридорів) [32, 48, 55, 57].

Окремої уваги потребує каштанова мінуюча міль (*Cameraria ohridella*), яка є найбільш системним і візуально помітним біотичним чинником з тенденцією до наростання ушкодження листкової поверхні впродовж літа, що прямо знижує декоративність і життєздатність дерев. За таких умов для міста особливо актуальним стає перехід від реактивних, епізодичних втручань до керованої системи догляду, моніторингу та планового оновлення насаджень, із прогнозуванням розвитку ситуації на горизонті 2030–2035 рр. [1, 8, 12, 32, 51].

Мета роботи – оцінити сучасний стан каштанових насаджень (*Aesculus hippocastanum* L.) у системі озеленення м. Фастів, визначити ключові лімітуючі чинники та фітосанітарні ризики в різних урбоекосистемах і на цій основі обґрунтувати практичні підходи та перспективні напрями збереження й оновлення каштанових насаджень у міських умовах.

Завдання дослідження:

1. Охарактеризувати природно-територіальні умови району досліджень та специфіку міського середовища, в межах якого функціонують каштанові насадження м. Фастів.

2. Організувати обстеження каштанових насаджень у межах типів урбоекосистем м. Фастів (P1–P7) та узагальнити показники їхнього стану (структура, санітарні й декоративні ознаки, сезонна динаміка ушкодження листя).

3. Виявити лімітуючі чинники урбанізованого середовища й оцінити їхній вплив на життестійкість каштана в різних функціональних зонах міста.

4. Оцінити фітосанітарні ризики, передусім пов'язані з *Cameraria ohridella*, та обґрунтувати «вікна» і логіку сезонних втручань у системі захисту.

5. Сформувати практичні рекомендації з інтегрованого захисту і догляду, а також запропонувати підходи до планового оновлення/диверсифікації насаджень у стресових зонах, з урахуванням перспектив використання каштана у Фастові.

Об'єкт дослідження – каштанові насадження (*Aesculus hippocastanum* L.) у системі міського озеленення м. Фастів.

Предмет дослідження – сучасний стан, структурно-екологічні особливості та життестійкість каштанових насаджень у різних урбоекосистемах м. Фастів, а також лімітуючі чинники і фітосанітарні ризики (зокрема ушкодження листя каштановою мінуючою міллю) та практичні підходи до їх мінімізації.

Наукова новизна одержаних результатів полягає виконанні прикладної оцінки перспектив використання *Aesculus hippocastanum* у м. Фастів на основі диференційованого управління насадженнями в різних урбоекосистемах, запропоновано сценарний підхід їх збереження до 2030–2035 рр. (інерційний, керованої стабілізації, адаптивної заміни) та узагальнено практичну схему інтегрованого захисту (моніторинг–профілактика–локальні втручання–санітарія), за якої хімічні методи застосовують лише в критичних зонах.

Практичне значення роботи полягає в можливості використання отриманих узагальнень і рекомендацій для організації догляду за

каштановими насадженнями в м. Фастів, планування фітосанітарних заходів проти *Cameraria ohridella* та формування підходів до поетапного оновлення насаджень у зонах підвищеного техногенного навантаження

Апробація результатів роботи. Результати кваліфікаційної роботи пройшли обговорення в межах процедур попереднього розгляду на кафедрі та рецензування упродовж 2025 року

База та умови проведення досліджень. Дослідження виконано в межах м. Фастів (північно-західна частина Правобережного Лісостепу України); у роботі наведено характеристику території та географічні координати дослідної ділянки (49°48' пн. ш., 30°03' сх. д.)

РОЗДІЛ 1

ХАРАКТЕРИСТИКА ТА БІОЛОГО-ЕКОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ГІРКОКАШТАНУ ЗВИЧАЙНОГО (*AESCULUS HIPPOCASTANUM LINNAEUS*) В УМОВАХ МІСЬКИХ ЛАНДШАФТІВ

1.1. Біолого-екологічна характеристика каштана кінського (*Aesculus hippocastanum* L.)

Каштан кінський (*Aesculus hippocastanum* L.) – листопадне дерево, яке має високу декоративну цінність і широко культивується в міських насадженнях Європи. Водночас, у природному ареалі це вид із дуже обмеженим поширенням, що робить його біологію та екологічні потреби особливо важливими для правильного використання в озелененні та підтримання життєздатності насаджень [50, 52, 57, 58].

За сучасними узагальненнями, природний ареал *A. hippocastanum* приурочений до Балканського півострова; вид зберігається в ізольованих локалітетах (Албанія, Болгарія, Греція, Північна Македонія), що розглядається як прояв реліктовості та історичного звуження поширення. Для розуміння міської життєстійкості важливо, що природні популяції формуються в специфічних «рефугіальних» мікробіотопах, а не в широкому спектрі сухіших умов [50, 52, 57, 58].

Історично вид був інтродукований і став масово культивованим у багатьох країнах Європи, що зумовило його «звичність» у міських ландшафтах за межами природного ареалу. Однак широка культивація не означає однакової екологічної пластичності: біологічні обмеження (особливості розмноження та поширення насіння) можуть стримувати природне самовідновлення та підвищувати чутливість молодих особин до дефіциту вологи [3, 57].

Каштан кінський – велике листопадне дерево, яке в культурі формує потужний стовбур і широку крону; характерною ознакою є пальчастоскладні листки та великі суцвіття (волоті) з численними квітками, після чого

утворюються кулясті плоди з шипиками і 1–3 насінинами. Саме поєднання щільної крони, великих листків і виразного весняного цвітіння визначає його декоративну привабливість у міському озелененні [50, 57].

У контексті екології виду важливі особливості розмноження та поширення: насіння крупне й тяжке, переважно поширюється на короткі відстані (гравітаційно), а також є «рекальцитрантним» (чутливим до висушування). Це означає, що для успішного проростання та приживлення сходів потрібні умови достатньої вологості, а тривалі посушливі періоди та перегрів ґрунту можуть різко знижувати природне поновлення [3, 57].

У природних місцезростаннях *A. hippocastanum* пов'язаний із мезофільними широколистяними лісами та вологими ландшафтними формами (ущелини, яри/балки, долинні та пригирлові ділянки), де підтримується відносно висока вологість повітря і ґрунту та стабільніший водний режим. У фітоценотичних дослідженнях підкреслено, що градієнти опадів (річна сума та сезонність) є ключовими для диференціації угруповань за участю цього виду, а «рефугіальні» мікробіотопи відповідають його потребі у високій вологості [50, 57, 58].

Отже, базова екологічна «матриця» виду – достатнє зволоження та уникнення пересушення на критичних фазах розвитку. Для міських умов це означає підвищені ризики на ділянках із перегрівом і пересушенням ґрунту, мінімальною площею пристовбурних лунок, інтенсивним випаровуванням та обмеженим інфільтраційним живленням [22, 31, 35, 38].

У місті каштан кінський зазнає комплексу стресорів (локальний перегрів, зміни мікроклімату, трансформація водного режиму, механічні ушкодження, забруднення). Фенологічні дослідження на прикладі Вроцлава показали, що в межах міста можливі відмінності у тривалості вегетації та темпах проходження фенофаз: у центральних зонах може спостерігатися подовження періоду вегетації, тоді як дерева в придорожніх смугах входили у вегетацію пізніше та швидше дефоліювали, що інтерпретується як негативний ефект «вуличних» умов [38, 41].

Важливий компонент життєстійкості – здатність підтримувати фізіологічний стан за дії біотичних і абіотичних стресів. Дослідження з використанням індукції флуоресценції хлорофілу (приклад – урбоєкосистеми м. Дніпро) підкреслюють, що фотосинтез є одним із найбільш уразливих процесів до стресорів, а параметри флуоресценції можуть відображати реакцію дерев на умови місцезростання в місті та ушкодження листків. Це важливо для практики, бо дозволяє розглядати фізіологічний моніторинг як інструмент раннього виявлення «прихованого» ослаблення дерев [13, 19, 35, 39].

Окремим фактором зниження життєстійкості в урбоценозах є спалахи шкідників: для України наголошується на масовому ураженні каштанів каштановою мінуючою міллю (*Cameraria ohridella*), що спричиняє передчасну дефоліацію та ослаблення дерев, зменшуючи їхні адаптаційні можливості й декоративність. У міських умовах це посилюється тим, що застосування частини інсектицидних практик обмежене, а отже зростає значення інтегрованих, безпечніших для міста підходів [1, 5, 6, 8, 14].

Міське забруднення (зокрема елементне/металеве навантаження) також розглядається як суттєвий екологічний чинник: дослідження в урбанізованих і промислово навантажених районах Сербії показали здатність *A. hippocastanum* накопичувати низку елементів у листках і корі, а також фіксували сезонні зміни пігментів (хлорофіл, каротиноїди) як можливу адаптивну відповідь у несприятливі періоди. Водночас підкреслюється, що листки виду є чутливими до ушкодження, тому дерево може бути і «акумулятором», і «індикатором» урбозабруднення [19, 26, 39, 44].

Таким чином, біолого-екологічний «профіль» каштана кінського поєднує: (1) реліктове походження та природну приуроченість до вологих мезофільних біотопів; (2) морфологічну та декоративну привабливість, що забезпечила широку культивуацію; (3) екологічну вимогливість до зволоження на критичних стадіях розвитку через особливості насіння і поновлення; (4) у місті – варіабельну фенологічну реакцію на мікроклімат і «вуличні» умови та

високу роль фітосанітарних чинників (передусім дефоліаторів), які здатні різко знижувати життєстійкість і декоративність насаджень [5, 23, 41, 57].

1.2. Роль і функції *Aesculus hippocastanum* у міському озелененні

Кінський каштан (*Aesculus hippocastanum* L.) у європейській традиції міського озеленення належить до «знакових» дерев: його регулярно використовують у парках, скверах, на бульварах і в історичних частинах міст як породи, що швидко формує виразну крону, створює глибоку тінь і має високий естетичний ефект у період цвітіння. У довідкових оглядах поширення та використання виду наголошується, що саме поєднання декоративності, розмірів крони та простоти сприйняття в міському ландшафті стало причиною масового культивування каштана у зелених насадженнях населених пунктів, хоча останніми десятиліттями роль виду часто переосмислюють через вразливість до низки стресорів (зокрема листомінуючих шкідників) і зниження «візуальної якості» в середині літа [5, 49, 57, 50].

У планувальній практиці каштан найчастіше працює як «архітектурний елемент» зеленого каркаса: в алейних посадках він підсилює перспективу вулиці чи бульвару, у групових композиціях – формує напівзакриті простори відпочинку, а в одиночних посадках (солітер) – виконує роль домінанти, яку легко зчитати в міському просторі. Водночас масштаб крони, активна коренева система та потреба в достатньому об'ємі ґрунту фактично означають, що декоративний і санітарно-захисний потенціал виду реалізується повніше там, де мінімізовані ущільнення ґрунту, частка непроникних покриттів у прикореневій зоні та дефіцит вологи. Емпіричні дослідження урбанізованих територій показують, що локальні «вуличні» чинники (вузькі лунки, суцільне мощення, обмеження живлення/вологості) асоціюються з гальмуванням росту й загальним погіршенням життєвого стану дерев, причому такі ефекти простежуються й для *Aesculus* серед інших поширених міських порід [22, 31, 38, 53].

Декоративність каштана в озелененні має кілька «піків» протягом сезону, які по-різному впливають на сприйняття міського середовища: весняне цвітіння формує сильний візуальний акцент і підвищує рекреаційну привабливість локацій, літня густота крони забезпечує виражений «прохолодний» образ простору, а осінні зміни забарвлення працюють як маркер сезонності. Разом із цим для міст критично важлива не лише наявність декоративної фази, а й її тривалість: в оглядових матеріалах підкреслюється, що вид може втрачати естетичну цінність у другій половині літа через пошкодження листків біотичними чинниками, що напряду знижує придатність каштана як «стабільного» елемента репрезентативних насаджень [5, 33, 45].

Як регулятор мікроклімату каштан працює передусім через затінення та транспіраційне охолодження: щільна листкова поверхня змінює радіаційний баланс приземного шару повітря і зменшує нагрів покриттів, а випаровування вологи з листків підтримує більш комфортні параметри теплового відчуття у спекотні періоди. У синтетичних оглядах щодо охолоджувального ефекту міських дерев наводяться типові діапазони зниження температур: затінення здатне зменшувати нагрів поверхонь на кілька градусів, а локальне охолодження повітря – на рівні одиниць градусів (залежно від клімату, типу забудови та характеристик крони). Польові дослідження, що аналізують «тіньове охолодження» під кронами одиночних дерев у міських умовах, також демонструють суттєве зниження пікових температур покриттів порівняно з відкритими ділянками [24, 40, 48, 55].

Важливо, що мікрокліматичний ефект у міському просторі є не абстрактною «властивістю породи», а результатом конкретної конфігурації насаджень і віку/розмірів дерев. У практикоорієнтованому кейсі оцінювання екосистемних послуг у середземноморському місті показано, що зрілі зелені насадження забезпечують значно сильніший ефект затінення, ніж молоді посадки; при цьому порівняння порід у межах одного підходу дозволяє розглядати *Aesculus hippocastanum* як вид, здатний робити відчутний внесок у

«тіньовий ресурс» міста (за рахунок площі та щільності крони). Такий результат особливо релевантний для громадських просторів (сквери, площі, підходи до зупинок/закладів), де комфорт формується саме через керування сонячною радіацією на рівні людини [40, 48, 55].

Санітарно-гігієнічна функція каштана в містах зазвичай описується через здатність міських дерев вилучати забрудники з повітря (газові домішки та тверді частинки) і «перехоплювати» пил на листовій поверхні. У дослідженнях, присвячених уловлюванню particulate matter (PM), наголошується на ролі листових ознак (шорсткість, мікрорельєф, опушення/восковий наліт, площа листової поверхні) у формуванні ефективності осадження частинок. Для каштана, з огляду на велику листову поверхню складних листків і розвинену крону, така функція є принципово здійсненою; у прикладних оцінках міських екосистемних послуг наводяться кількісні показники вилучення/осадження PM (залежні від структури насаджень та їхнього віку), що дає підстави розглядати *A. hippocastanum* не лише як декоративний, а й як «санітарний» компонент зелених зон [19, 39, 40, 43, 44].

Окремою площиною екологічної ролі каштана є його придатність до біоіндикації урбаністичних навантажень: листки й кора здатні накопичувати низку елементів і відображати контраст між ділянками з різною інтенсивністю антропогенного впливу. У дослідженні сезонної динаміки елементів у листках і корі каштана в урбанізованих та індустріальних умовах показано, що вид може проявляти «високий потенціал накопичення» і водночас демонструвати чутливість листового апарату до пошкоджень; у прикладному сенсі це означає, що каштан одночасно виконує роль акумулятора та «відповідача» (response indicator), тобто може використовуватися як дерево, за яким фіксують зміни якості середовища [19, 39, 44].

Шумозахисна функція дерев у містах зазвичай формується як сукупність кількох механізмів: екранування/розсіювання звуку кроною та

стовбурами, поглинання енергії хвилі листовими поверхнями, а також «ефект м'якого ґрунту» і зміна звукового сприйняття завдяки більш приємному саундскейпу в зелених просторах. Фізично-орієнтований огляд з теми «озеленення для зниження шуму» підкреслює, що найбільш відчутні ефекти пов'язані з пористими поверхнями та щільними насадженнями, а також з тим, що листкова поверхня бере участь у додатковому затуханні звуку через в'язкі та теплові процеси на межі «повітря–листок» [17].

На рівні добору порід актуалізується й «листова» логіка: експериментальні роботи на мікрорівні показують, що текстура та шорсткість листка корелюють із ефективністю послаблення звукових хвиль, отже великолисті породи з розвиненою кроною (у т.ч. каштан) можуть розглядатися як елементи комплексних зелених смуг, хоча максимальний ефект зазвичай досягається не одиночним деревом, а продуманою структурою насаджень [17, 56, 60].

Підсумовуючи, у міському озелененні *Aesculus hippocastanum* доцільно трактувати як «багатофункціональну» породу: її ландшафтна цінність (візуальна домінанта, алейні композиції, сезонні акценти) тісно переплетена з регулювальними послугами (затінення й пом'якшення теплового дискомфорту, участь у зменшенні запиленості повітря, потенційна участь у шумозахисті) та індикаторним потенціалом (накопичення елементів/реакція листового апарату). Водночас реальна «якість» цих функцій у місті залежить від посадкового місця й догляду: об'єм ґрунту, водний режим, частка непроникних покриттів і фітосанітарний стан прямо визначають, чи буде каштан працювати як довготривалий елемент зеленої інфраструктури, чи перетвориться на проблемну породу з деградованою декоративністю та послабленими екосистемними послугами [43, 48, 49, 50, 60,].

1.3. Лімітуючі чинники та фітосанітарні ризики в урбоекосистемах

Урбоекосистема формує для дерев не один “стрес-фактор”, а їхню стійку комбінацію: дефіцит вологи підсилюється перегрівом поверхонь і запечатуванням ґрунту; порушення водного режиму накладається на механічні ушкодження коренів і стовбура; а хронічне забруднення змінює фізіологічний стан листка та послаблює бар’єрні функції тканин. У такій конфігурації лімітуючим стає не окремий чинник, а сукупний стресовий фон, що знижує життєздатність насаджень і підвищує їхню фітосанітарну вразливість [23, 35, 38, 49, 53].

Для міських дерев посуха – це не лише період без опадів, а наслідок урбанізованого водного балансу: зменшення інфільтрації через покриття, швидкий стік, локальні “острови тепла” й підвищена транспіраційна потреба. Дослідження ростових реакцій *Aesculus hippocastanum* показують, що за потепління та повторюваних посушливих епізодів змінюється динаміка приросту, причому чутливість може залежати від віку дерева та мікроумов місцезростання (відкритість, конкуренція, доступність вологи) [23, 25, 47].

Важливо, що наслідки посухи в місті часто проявляються раннім старінням листя, скороченням вегетаційного періоду та передчасним листопадом, особливо у вуличних насадженнях порівняно з деревами біля водойм/зелених масивів. Це створює “фізіологічне вікно” для вторинних уражень: ослаблені дерева гірше відновлюють асиміляційний апарат і стають більш чутливими до біотичних агентів, насамперед листогризучих і мінуючих комах та збудників плямистостей [7, 11, 23, 41, 47].

Одна з найбільш недооцінених причин “хронічної слабкості” міських дерев – фізичні обмеження ґрунту: ущільнення, низька пористість, погана аерація, зменшення інфільтрації та обмеження розростання кореневої системи. У вуличних умовах це прямо трансформується у літній водний дефіцит, а в холодний сезон – у застій перезволоження в поверхневих шарах, що разом дає “гойдалку” стресів для кореня [36, 46].

Емпіричні міські дослідження для *A. hippocastanum* підтверджують, що показники росту та фізіології (зокрема фотосинтез/транспірація) помітно “прив’язані” до характеристик субстрату й вуличного мікросередовища. Окремо підкреслюється роль непроникних покриттів (плитка, асфальт) як чинника, що погіршує водопостачання та знижує охолоджувальні функції дерев через обмеження транспірації [22, 31, 35, 38].

Урбанізоване повітряне середовище діє на дерево “зверху вниз”: тверді частинки та метали акумулюються на листовій поверхні, погіршують газообмін, а частина елементів може проникати в тканини, змінюючи пігментний комплекс і фотосинтетичні показники. Для дерев у промислово-транспортних зонах описано зв’язок між забрудненням і проявами хлорозів/некрозів, а також фізіологічними змінами, що в підсумку відбиваються на декоративності й стійкості насаджень [19, 39, 43, 44,].

Сам *A. hippocastanum* розглядають як зручний “біомонітор”: у роботах, де аналізували листя й кору, показано сезонну та просторову варіабельність накопичення низки елементів у міських і промислових ландшафтах. Для практики озеленення це означає: каштан у транспортних коридорах не лише втрачає естетичність швидше, а й працює в режимі підвищеного метаболічного навантаження, що знижує запас стійкості до інших стресорів [19, 39, 44].

Окремий урбо-стрес – засолення та хлоридне навантаження від протиожеледних матеріалів. Для *A. hippocastanum* у польових умовах показано зв’язок між накопиченням солей у придорожніх ґрунтах і змінами іонного складу листя, що корелює з інтенсивністю листових пошкоджень. У прикладному сенсі це прямо впливає на вибір місць висаджування: каштан на вузьких вулицях з активною зимовою обробкою покриття апріорі потрапляє у зону підвищеного ризику дефоліації та передчасного старіння [34, 35].

Фітосанітарний ризик у місті часто має каскадний характер: абіотичний стрес → послаблення дерева → зростання уражуваності. Для каштана кінського найбільш репрезентативним прикладом є каштанова мінуюча міль

(*Cameraria ohridella*), яка в урбоумовах здатна формувати стабільні осередки й викликати масове мінування листків. Українські міські дослідження показують, що пошкодження асиміляційного апарату супроводжується зниженням функціонального стану листка (в т.ч. параметрів фотосинтетичного комплексу), що пояснює передчасне побуріння крон і втрату декоративності в середині–кінці літа [1, 2, 5, 8, 16].

Довготривалі спостереження в Європі підкреслюють, що регулярна дефоліація внаслідок *C. ohridella* має не лише “візуальний”, а й ростовий вимір: фіксують депресію радіального приросту та загальне погіршення стану, а ін’єкційні/ендотерапевтичні заходи можуть давати довший ефект, хоча й потребують зваження ризиків, вартості та екологічних обмежень у міському середовищі [9, 18, 29].

Суттєвим компонентом фітосанітарного профілю є плямистості листя (зокрема комплекс, що традиційно пов’язують із *Guignardia/Phyllosticta* на каштані): вони можуть посилювати передчасне побуріння листя, особливо за вологих періодів, і накладатися на пошкодження від мінуючої молі. Новіші багаторічні дослідження одночасно відстежують рівні ураження *C. ohridella* та *Guignardia aesculi*, показуючи, що в окремі роки ці чинники виступають “пакетом”, який сумарно зменшує тривалість ефективної асиміляції [33, 45].

Окремого виділення потребують ураження стовбура (кровоточивий рак/канкери), оскільки вони визначають не просто декоративність, а ризик аварійності дерева. Для Європи добре документовано роль бактерії *Pseudomonas syringae* pv. *aesculi* як одного з ключових агентів “bleeding canker” у *A. hippocastanum*: описано типовий симптомокомплекс із виділенням темної рідини, некрозами флоєми/камбію та можливим відмиранням крони; водночас частина дерев демонструє здатність до часткового відновлення, що важливо для управлінських рішень (санітарні обрізки/видалення/моніторинг) [27, 30, 37].

На тлі зміни клімату й хронічного міського стресу зростає імовірність появи нових або “нетипових” патогенів на нетрадиційних господарях

(описані випадки ураження *A. hippocastanum* грибами, які асоціюють зі стрес-індукованими хворобами). Це підсилює тезу, що фітосанітарна безпека міських насаджень має будуватися не як реакція “після масового всихання”, а як система раннього виявлення ризиків (оцінка місць росту, водного режиму, стану крони, листкових симптомів, ознак стовбурних уражень) [21, 49].

Узагальнюючи, для каштана кінського в урбоєкосистемах лімітуючі чинники найчастіше формують замкнене коло: ущільнення/запечаткування ґрунту та посуха знижують функціональний стан дерева; забруднення та солі підсилюють фізіологічну “втому”; а шкідники й патогени (насамперед *S. ohridella*, плямистості листя та бактеріальні канкери) прискорюють втрату декоративності й життєстійкості. Практичний висновок для міського озеленення (в т.ч. для м. Фастів) полягає в тому, що зменшення фітосанітарних ризиків починається з поліпшення умов місцезростання (волога, ґрунт, кореневий простір, зменшення засолення), і лише далі – з вибору цільових захисних заходів проти конкретних біоагентів. [1, 27, 34].

1.4. Сучасні підходи та перспективи збереження каштанових насаджень у містах

Сучасна логіка збереження міських насаджень кінського каштана ґрунтується на переході від «разових обробок» до керованої системи підтримання життєздатності дерев: поєднання профілактики абіотичних стресів, фітосанітарного моніторингу та цільових втручань із мінімізацією екологічних побічних ефектів. Такий підхід узгоджується з доказовими рекомендаціями щодо підвищення стійкості міської зеленої інфраструктури (орієнтація на доступність зелені й крон, рівномірність розподілу, зниження ризику «монокультурних» втрат) та враховує, що урбанізовані умови (перегрів і дефіцит вологи) здатні посилювати шкодочинність фітофагів [49].

Ключовим елементом інтегрованого менеджменту є рання діагностика та регулярний моніторинг, що перетворює реактивну модель «лікування наслідків» на випереджувальне управління ризиками. Для каштана це

означає, з одного боку, стандартизовані візуальні обстеження (частка мінованої/некротизованої листкової поверхні, інтенсивність передчасного листопаду, симптоми ураження), а з іншого – інструментальні методи відстеження популяцій та патогенів. Показово, що для порівняльної оцінки сприйнятливості видів *Aesculus* до мінуючої молі застосовують феромонні дельта-пастки (як індикатор льоту і чисельності імаго), що є доцільним і для міських програм нагляду [4, 10, 15, 20].

Найбільш «економною» та водночас результативною з позицій міського господарства мірою проти каштанової мінуючої молі визнано санітарне управління опалим листям, адже основна частина популяції зимує у листковій підстилці. Дані польових спостережень демонструють, що на ділянках без прибирання листя рівень пошкодження може стабільно перевищувати 50%, тоді як рутинне згрібання і видалення листя розриває цикл перезимівлі та знижує «стартову» чисельність наступного сезону [5, 8].

Ефективність саме «інтенсивності прибирання» підтверджено багаторічними дослідженнями: збільшення частки вилучення опалого листя до високих рівнів (порядку 60–90% і вище) асоціюється зі зниженням листкових ушкоджень до низьких значень, тоді як падіння інтенсивності прибирання здатне супроводжуватися різким ростом дефоліації. Практично важливо, що в умовах міста якість такого заходу залежить не лише від комунальної дисципліни, а й від планувальних рішень (наявність квітників/грунтових лунок, доступність підкронового простору, відсутність «пасток» листя у живоплотах та чагарниках) [1, 5, 31].

Поряд із санітарними заходами, у містах часто застосовують ендотерапію (ін'єкції у стовбур) як технологію «точкового» захисту цінних дерев, коли обприскування є небажаним або регуляторно обмеженим. У багаторічному експерименті показано, що ін'єкції абамектину забезпечували виразне зниження ушкодження листків, причому ефект міг зберігатися протягом тривалого часу після внесення. Водночас сучасні огляди підкреслюють, що ендотерапія має як сильні сторони (мінімізація дрейфу і

розсіювання діючої речовини, потенційно менші дози, триваліший захисний період), так і обмеження (ризик локальних ушкоджень тканин у місці ін'єкції, потреба у протоколах для чутливих порід, необхідність стандартизації техніки) [18, 29].

З позицій екологічної безпеки важливим є питання нецільових ефектів ін'єкцій. Дані польових оцінок свідчать, що ін'єкції емаектину бензоату не обов'язково спричиняють статистично значущі зсуви індексів різноманіття ґрунтових членистоногих і деяких груп літаючих комах (за умов конкретного дизайну дослідження), що підтримує тезу про потенційно нижчий «позадеревний» тиск порівняно з розпиленням. Проте такі результати не скасовують потреби у вибірковості застосування: у міській практиці ендотерапія доречна насамперед для дерев високої ландшафтної цінності та у вузлах інтенсивного пішохідного навантаження, де пріоритетом є безпека та мінімізація контакту населення з пестицидами [18, 42].

Перспективним, але методично складнішим напрямом є посилення біологічної складової інтегрованого захисту. Для *Cameraria ohridella* показано, що природна інфікованість перезимовуючих лялечок ентомопатогенними грибами у польових умовах може бути низькою, однак окремі ізоляти в лабораторних тестах демонструють вірулентність. Це означає, що біологічні агенти потенційно можуть бути інтегровані в програми захисту, але ефективність залежатиме від добору штамів, технології внесення та узгодження з фенологією шкідника; додатково сучасні огляди ендотерапії підкреслюють технологічну можливість використання біоагентів/препаратів природного походження у системних способах доставки [17, 18, 54].

Окрема група заходів – агротехнічні та «антистресові» практики, які прямо не знищують шкідника, але зменшують вразливість дерев і послаблюють синергію «спека + посуха», що сприяє успішності фітофагів. Експериментально підтверджено, що підвищені температури та водний дефіцит здатні адитивно збільшувати показники пристосованості міських

шкідників, отже, стабілізація водного режиму і зниження перегріву крони/грунту є не лише «доглядом», а й елементом профілактики фітосанітарних спалахів. На практичному рівні це підтримується заходами на кшталт мульчування, поливів у критичні періоди, відновлення проникності приствольних зон і зменшення частки непроникних покриттів у пристовбурних «кишенях» [23, 36, 51, 53].

Проблема ущільнення ґрунту в містах має прямі наслідки для водо- й повітропроникності, а також для кореневого живлення, тому сучасні рекомендації наголошують на механічному розущільненні та «реанімації» міських ґрунтів як на базовому фоні для довготривалої стійкості насаджень. Дослідження, присвячені методам розущільнення, показують, що правильно підібрані технології можуть істотно змінювати гідрологічні характеристики ущільнених ґрунтів, а професійні узагальнення для урбаністичних умов підкреслюють роль органічних матеріалів (зокрема деревної мульчі) та керованих ґрунтових профілів у довготривалому відновленні функцій кореневої зони [36, 46, 51, 53].

Фітосанітарні ризики для каштана в містах не обмежуються мінуючою міллю: вагомим чинником залишається бактеріальний «bleeding canker» (*Pseudomonas syringae* pv. *aesculi*), який асоціюється з утворенням ракових уражень і виділенням ексудату, поступовим ослабленням та відмиранням дерев. Сучасні дослідження зосереджуються на удосконаленні виявлення та розумінні епідеміології, а також на пошуку біологічних засобів (зокрема бактеріофагів) як можливих елементів контролю. Водночас у прикладному міському менеджменті ключовими залишаються профілактика механічних пошкоджень, санітарна обрізка із дотриманням гігієни інструментів, зменшення стресу кореневої системи та своєчасне вилучення небезпечних (структурно ослаблених) екземплярів з наступним оновленням насаджень [27, 30, 37].

Найбільш стратегічною перспективою вважають заміну або часткове «переформатування» породно-сортового складу каштанових посадок із

використанням більш стійких форм, що знижує залежність від хімічних втручань. Для *Aesculus* вже накопичено дані про відмінності у стійкості: в умовах України описано види й гібриди, у яких пошкодження листків мінуючою міллю є суттєво нижчим, ніж у *A. hippocastanum*, зокрема *A. parviflora*, *A. × carnea*, *A. flava* тощо; додатково підкреслюється перспективність селекційних донорів і добору стійких форм як найбезпечнішої та економічно доцільної альтернативи «боротьбі» з шкідником. Окремим прикладом є сорт/різновид ‘Mertelík’, стійкість якого до *C. ohridella* підтверджено у напівпольових умовах із різким контрастом ушкоджень між «звичайними» та резистентними рослинами [12, 15, 20, 28].

Для умов м. Фастів доцільно трактувати «збереження каштанів» як програму керування міською зеленою інфраструктурою з чітким оновлювальним циклом: інвентаризація та паспортизація дерев, зонування за рівнем ризику (транспортні коридори, площі, дворові простори), щорічні маршрути моніторингу, план-графік збирання листя, а також протокол «коли і де» допускаються ін’єкції (лише для дерев найвищої цінності та за наявності ресурсів для правильної технології). Паралельно стратегія має знижувати уразливість міста до втрат від одного домінуючого виду через керовану диверсифікацію і досягнення цільових показників крон/доступності зелені на рівні кварталів, що добре узгоджується з доказовими міськocolісiвничими нормами на кшталт 3–30–300 [1, 12, 32].

У підсумку, перспективність збереження каштанових насаджень у містах визначається не «одним найкращим методом», а якістю комбінування: санітарна профілактика (листя), антистресові практики (волога, ґрунт, мульча), точкові високотехнологічні втручання (ендотерапія) та оновлення складу насаджень через стійкі форми й альтернативні породи. Саме така багаторівнева модель дозволяє одночасно підтримувати декоративність і екосистемні послуги каштанів, знижуючи фітосанітарні ризики та витрати на «вічну боротьбу» з наслідками урбанізаційного стресу [1, 5, 18, 20, 53].

РОЗДІЛ 2

МАТЕРІАЛ, МЕТОДИ ТА УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Програма досліджень

Матеріалом дослідження слугували міські насадження гіркокаштана звичайного (*Aesculus hippocastanum*) у межах м. Фастів. У роботі виходили з того, що життєвий стан каштана в урбанізованому середовищі визначається не одним чинником, а комплексом міських впливів: транспортним навантаженням, рекреаційним тиском, ущільненням ґрунту, локальними відмінностями зволоження та мікроклімату; окремо враховано роль прибережних зон р. Унава як елемента, що може змінювати локальні умови (вологість/охолодження влітку) і, відповідно, впливати на порівнянність стану дерев у різних частинах міста.

Програму польового етапу будували так, щоб отримати саме порівнювані результати щодо стану дерев у «типових» для Фастова урбоекосистемах. Тому в основу закладено не тільки фіксацію зовнішніх ознак (пошкодження листків, зрідження крони), а й обов'язковий опис умов місцезростання кожного дерева (близькість до проїзної частини, наявність паркування, витоптування пристволових кругів, затінення, ознаки засолення або пересихання ґрунту), щоб надалі можна було пояснювати відмінності між ділянками причинно, а не лише констатувати їх на рівні «краще/гірше».

Для забезпечення репрезентативності в роботі сформовано перелік контрольних ділянок, які відображають основні сценарії використання каштана в місті: центральна зелена зона (парк), вулиця із середнім транспортним потоком (алейні посадки), привокзальна зона (підвищене пилове навантаження та ущільнення ґрунту), прибережна рекреаційна смуга вздовж р. Унава, ще одна паркова зона як відносно «м'якші» умови, магістральний коридор з інтенсивним рухом, а також дворові території житлової забудови з нерегулярним доглядом. У роботі підкреслено, що саме

поєднання «паркових» і «транспортних» біотопів дає можливість чіткіше виявити закономірності зміни санітарного стану та декоративності.

Опис умов проведення дослідження подано через природно-територіальні характеристики району робіт: м. Фастів віднесено до північно-західної частини Правобережного Лісостепу України; наведено географічні координати дендропарку (49°48' пн. ш., 30°03' сх. д.), коротко охарактеризовано рельєф, глибину залягання водоносних горизонтів (1,5–10 м) та ґрунтові умови (сірі малоструктурні лісові ґрунти, середньосуглинкові; гумус 2,7% у шарі 10–20 см і близько 1% у горизонті 50–60 см; відмічено недостатній вміст елементів живлення). Також подано кліматичний опис за даними Білоцерківської метеостанції (зокрема середньобагаторічна температура +7,5 °С, абсолютні екстремуми, характеристика зими/літа, тривалість вегетаційного періоду, відносна вологість та вітровий режим).

2.2. Умови проведення досліджень

Фастів – північно-західна частина Правобережного Лісостепу України. Географічні координати дендропарку: 49°48' північної широти і 30°03' східної довготи. Територія характеризується рівнинним рельєфом розчленованим трьома меридіально розміщеними балками з відгалуженнями. Загальний нахил місцевості до річки (з півночі на південь) незначний з різницею відміток до 26 м. Щільність розчленування складає 0,3...0,5 км. Водоносні горизонти залягають на глибині 1,5–10 м у багатьох місцях на балках і у районі Великої галявини виходять на поверхню ґрунту і наповнюють штучні водойми або утворюють заболочені місця. У районі досліджень – сірі малоструктурні лісові ґрунти, що мають малу ступінь насиченості основами, Са і Mg, тому процес гуміфікації і нітрифікації відбувається повільно. Кількість гумусу у шарі 10–20 см досягає 2,7 %, а у горизонті 50–60 см знижується до 1 %. Характеризуються вони й недостатнім вмістом основних елементів живлення, рухомого калію, азоту і, особливо, фосфору. За механічним складом це – середньосуглинкові ґрунти. За

вологістю представлені свіжими, а у найбільше підвищених місцях – сухими, на днищах балок – вологими ґрунтами [7].

Клімат помірно–континентальний, м'який. На його формування впливають маси атлантичного і континентального повітря, а у холодний період року, крім того, і повітряні маси арктичного походження. За показниками Білоцерківської метеорологічної станції середня багаторічна температура повітря становить $+ 7,5^{\circ}\text{C}$ з абсолютним мінімумом $- 36^{\circ}\text{C}$ та максимумом $+ 39^{\circ}\text{C}$. Зима помірно–холодна, снігова, з частими відлигами. Число днів з морозами – 132. Суворі зими бувають рідко. Періоди дуже низьких температур у січні – лютому, як правило, тривають недовго. Сніговий покрив не стійкий, з'являється у третій декаді грудня і лежить 60–75 днів з максимальною товщиною снігу 20 см. Температура ґрунту нижче 0°C у січні – лютому досягає глибини 0,7–0,9 м. Літо довготривале, з великою кількістю ясних днів і невеликими добовими перепадами температури. Бувають і відмінні від середнього літні сезони (дощові і прохолодні), але частіше вони посушливі і спекотні. Перехід середньодобової температури через 0°C настає 15–20 березня і 22–24 листопада, через 10°C – 26–29 квітня і 1–7 жовтня, через 15°C – 20–26 травня і 2–10 вересня. Вегетаційний період із середньодобовою температурою повітря 5°C і вище триває 202–212 днів, а з 15°C і вище – 165–175 днів. Навесні заморозки фіксують до 20–25 травня, а восени починаються з 10–15 вересня. Характерною особливістю клімату зони є різноманітність строків приходу весни, початку та припинення вегетації рослин, весняних та осінніх заморозків. Для початку осені характерний період сухої малохмарної теплої погоди («бабине літо»). Така погода сприяє добрій підготовці рослин до зими і здерев'янінню пагонів. Середньорічні дані такі: відносна вологість повітря у межах 70–75 %; хмарність 7,2–5,4; кількість ясних днів 46 (18–60). Основний напрямок вітру упродовж року західний та північно – західний. Найбільша середня швидкість вітру у лютому 5,4 м/сек., найменша у липні – 3,1 м/сек. У літні місяці часто віють східні сухі вітри [7].

2.3. Методика проведення досліджень

Польові обстеження виконували маршрутним методом із обов'язковою фотофіксацією та геоприв'язкою. Як інструментарій застосовано доступний набір для студентського урбоекологічного дослідження: смартфон із GPS (координати/фото), польовий бланк обліку (паперовий або електронний), рулетку/мірну стрічку для орієнтовних вимірів; за можливості фіксували діаметр стовбура на висоті 1,3 м. Оцінювання стану крони й листкового апарату здійснювали за узгодженими візуальними критеріями, наголошуючи, що ключовою є не складність методики, а її стандартизованість (єдиний набір показників для всіх ділянок).

Для кожного обстеженого дерева передбачали заповнення облікового запису з прив'язкою до конкретної локації: код ділянки та порядковий номер дерева, тип посадки (алея/група/одиначне), орієнтовні морфометричні показники (діаметр/висота – за можливості), характеристика крони (густота, наявність сухих гілок), стан листя (дехромація, дефоліація, видимі ушкодження), а також супровідні чинники середовища (ущільнення ґрунту, витоптування, близькість до дороги, пилове навантаження). Така структура обліку в роботі подається як основа для подальшого коректного порівняння ділянок і формування підсумкових таблиць/візуалізацій у наступних підрозділах.

Логіка опрацювання результатів у методичній частині прямо підпорядкована порівняльному дизайну: дані збирали так, щоб відмінності у стані дерев співвідносилися з контекстом місцезростання (паркова зона, магістраль, привокзальна територія, прибережна смуга тощо), а не трактувалися як випадкові. У роботі зазначено, що для узагальнення організації польових робіт сформовано перелік ділянок із короткою характеристикою та виконано картосхему контрольних пунктів (P1–P7), що забезпечує відтворюваність і прозорість польового дизайну.

РОЗДІЛ 3.

ОЦІНКА СТАНУ КАШТАНОВИХ НАСАДЖЕНЬ (*AESCULUS HIPPOCASTANUM* L.) У М. ФАСТІВ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ПРІОРИТЕТІВ ЇХ ЗБЕРЕЖЕННЯ В УРБООКОСИСТЕМАХ

3.1. Організація дослідження та схема обстеження насаджень

Aesculus hippocastanum у м. Фастів

Під час виконання кваліфікаційної роботи ми опрацювали підхід польового урбоекотологічного обстеження насаджень гіркокаштана звичайного (*Aesculus hippocastanum*) у межах м. Фастів. Ми виходили з того, що каштан у міському середовищі функціонує не ізольовано, а в системі міських чинників, зокрема транспортного навантаження, рекреаційного тиску, ущільнення ґрунту, локальних відмінностей зволоження та мікроклімату. Окремо ми врахували, що річка Унава формує прибережні рекреаційні зони та може впливати на мікрокліматичні умови (вологість повітря, локальне охолодження влітку), а це важливо для коректного порівняння стану дерев у різних частинах міста.

Метою організації польового етапу було отримати порівнювані результати щодо стану каштанів у типових урбоекосистемах Фастова. Під час виконання нам стало відомо, що “візуального враження” про дерево недостатньо для обґрунтованих висновків, тому ми одразу заклали систему спостережень, яка поєднує інвентаризаційні та екологічні параметри. Ми з’ясували, що для кожного дерева доцільно фіксувати не лише факт ушкодження листя чи зрідження крони, а й умови місцезростання: близькість до проїзної частини, наявність паркування, ступінь витоптування пристволових кругів, затінення, ознаки засолення або пересихання ґрунту. Це дозволяє надалі пояснювати причини відмінностей між ділянками, а не лише констатувати їх.

Для забезпечення репрезентативності ми встановили перелік контрольних ділянок, які відображають найтипівіші для міста умови

використання каштана: центральна зелена зона (парк), вулиця із середнім транспортним потоком (алеїні посадки), привокзальна зона як приклад території з підвищеним пиловим навантаженням і ущільненням ґрунту, прибережна рекреаційна смуга вздовж р. Унава, ще одна паркова зона як еталон порівняно “м’якших” умов, магістральний коридор з інтенсивним рухом, а також дворові території житлової забудови, де догляд за деревами часто нерегулярний.

Під час виконання ми з’ясували, що такий підхід (поєднання “паркових” і “транспортних” біотопів) є необхідним, оскільки саме на контрасті умов найбільш помітно проявляються закономірності зміни санітарного стану та декоративності. Також ми врахували, що окремі зелені зони в місті могли зазнавати перейменувань, тому під час опису локацій використовували як актуальні назви, так і зрозумілі для ідентифікації орієнтири.

Обстеження проводили маршрутним методом із фотофіксацією та геоприв’язкою. Ми опрацювали набір інструментів, достатній для студентського польового дослідження: смартфон із GPS (для координат і фото), польовий бланк обліку (паперовий або електронний), рулетку/мірну стрічку для орієнтовних вимірів (за можливості – діаметр стовбура на висоті 1,3 м), а також узгоджені візуальні критерії оцінювання стану крони й листового апарату.

Під час виконання ми встановили, що ключовим є не “складність” методики, а її стандартизованість: однаковий набір показників для всіх ділянок дає можливість порівнювати результати й коректно формувати підсумкові таблиці та діаграми в наступних підрозділах.

У процесі збору матеріалу для кожного дерева ми фіксували код ділянки, порядковий номер дерева, тип посадки (алея/група/одиначне), орієнтовні морфометричні показники (діаметр/висота за можливості), оцінку крони (густота, наявність сухих гілок), стан листя (дехромація, дефоліація, видимі ушкодження), а також супровідні фактори середовища (ущільнення

грунту, витоптування, близькість до дороги, пилове навантаження). Ми з'ясували, що саме фіксація контексту місцезростання суттєво підвищує доказовість висновків: наприклад, навіть однаковий рівень ушкодження листя по-різному інтерпретується для дерев у парку та для дерев на магістралі. На рисунку 3.1 подано карту-схему контрольних ділянок обстеження каштана у Фастіві з нанесенням точок (P1–P7).

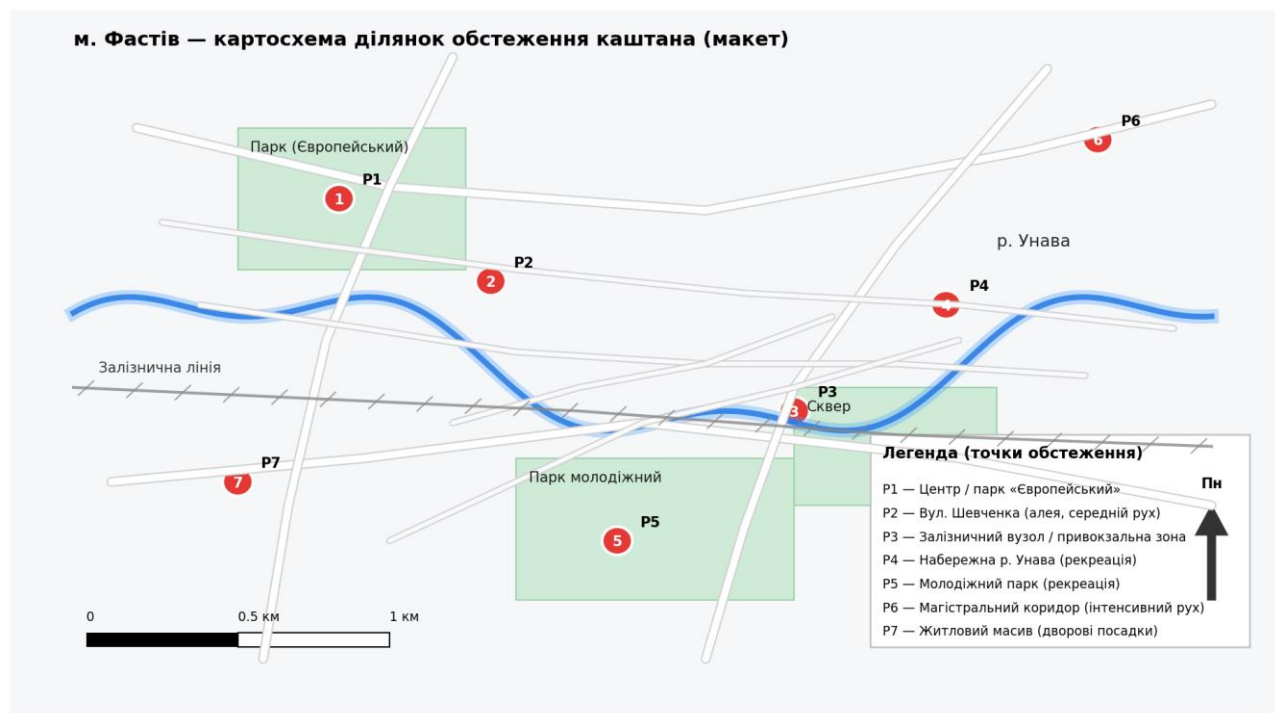


Рисунок 3.1 – м. Фастів: картосхема ділянок обстеження каштана

Для узагальнення організації польових робіт ми також сформували перелік ділянок із короткою характеристикою (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

**Перелік контрольних ділянок обстеження *A. hippocastanum* у м.
Фастів (приклад заповнення)**

Код	Тип урбоекосистеми	Коротка характеристика ділянки
P1	парк/центр	центральна зелена зона, рекреація, помірне витоптування
P2	вулиця (середній рух)	алейні посадки, пилове навантаження, локальне паркування
P3	привокзальна зона	транспортний вузол, ущільнення ґрунту, підвищений пил
P4	прибережна зона	рекреація біля р. Унава, пішохідні потоки
P5	парк	відносно м'які умови, часткове затінення, рекреація
P6	магістраль	інтенсивний рух, максимальне техногенне навантаження
P7	дворові території	житлова забудова, нерегулярний догляд і полив

Отже, під час виконання підрозділу 3.1 ми встановили схему обстеження, яка охоплює основні міські біотопи Фастова, визначили перелік параметрів для стандартизованої оцінки дерев каштана та підготували просторову візуалізацію ділянок. Надалі така організація дослідження дозволяє логічно перейти до аналізу відмінностей між урбоекосистемами та оцінки сучасного стану і перспектив використання каштана кінського в озелененні міста.

3.2. Урбоекосистеми м. Фастів та умови зростання каштана кінського

Під час виконання роботи ми з'ясували, що одна й та сама порода дерева в межах міста може мати зовсім різний вигляд і життєздатність залежно від того, у якій урбоекосистемі вона росте. Тому перед аналізом стану каштанів ми опрацювали підхід, за яким міське середовище доцільно

поділяти на типові біотопи: паркові зони, сквери та площі, вуличні алеї (транспортні коридори), привокзальні/інфраструктурні території, а також дворові посадки житлової забудови. Під час цього етапу ми встановили, що головна відмінність між такими біотопами полягає не лише в кількості зелені, а й у поєднанні факторів, які безпосередньо впливають на каштан: ступінь ущільнення ґрунту, пилове навантаження, перегрів покриттів (асфальт/плитка), доступність вологи, рекреаційний тиск та близькість до транспортних потоків.

Під час обстеження ми звернули увагу, що паркові урбоекосистеми зазвичай створюють більш сприятливий фон для *Aesculus hippocastanum*: тут менше прямого впливу вихлопних газів, більше площі відкритого ґрунту і, відповідно, кращі умови для кореневої системи. Ми з'ясували, що навіть за наявності витоптування у пристволових кругах, у парках каштани часто мають кращу густоту крони та повільнішу втрату декоративності протягом літа, ніж у вуличних насадженнях. Водночас ми встановили, що парки теж не є “ідеальними”: найбільш типовими проблемами тут є рекреаційне ущільнення ґрунту, механічні пошкодження (наприклад, від техніки або несанкціонованих стоянок), а також відсутність системного догляду у посушливі періоди.

Окрему групу умов ми виділили для скверів і малих озелених просторів. Під час виконання роботи нам стало відомо, що сквери часто поєднують одразу кілька стресових чинників: вони розташовані ближче до доріг, мають меншу площу “живого” ґрунту, а також швидше перегріваються влітку через оточення твердими покриттями. Ми з'ясували, що в таких умовах каштани можуть демонструвати нерівномірність розвитку крони (асиметрія), зрідження, а також більш виражені ознаки стресу на листових пластинках у другій половині літа.

Найбільш контрастними, на нашу думку, є вуличні алейні насадження, особливо вздовж магістралей. Під час виконання ми встановили, що тут ключовими лімітуючими факторами виступають: пил і вихлопи, перегрів

приземного шару повітря, ущільнення ґрунту через тротуари та парковки, а також дефіцит вологи. Ми з'ясували, що навіть коли каштан формально “живий”, він може швидко втрачати декоративність через ранню дехромацію та передчасне опадання листя. Тобто вуличні посадки потребують окремого підходу догляду, і це важливо врахувати в перспективному плануванні озеленення.

Для того, щоб зробити наш аналіз не абстрактним, а прив'язаним до реальних умов Фастова, ми встановили мережу контрольних ділянок Р1–Р7, які представляють типові урбоєкосистеми міста. Під час опрацювання матеріалів ми з'ясували, що така схема дозволяє порівнювати “умовно сприятливі” й “умовно напружені” біотопи та надалі аргументовано пояснювати, чому на одних ділянках каштан зберігає декоративність довше, а на інших – деградує швидше. Так, ділянку Р1 ми розглядали як приклад центральної паркової зони з рекреаційним навантаженням; Р2 – як типову вуличну алею із середнім транспортним рухом; Р3 – як привокзальну територію, де на дерева впливають і транспорт, і інфраструктурні фактори; Р4 – як прибережну зону вздовж річки Унава, де важливі мікроклімат і рекреація; Р5 – як ще одну паркову зону для порівняння; Р6 – як приклад магістрального коридору з інтенсивним рухом; Р7 – як дворові посадки житлового масиву, де догляд часто нерегулярний.

Щоб стандартизувати характеристику кожної урбоєкосистеми, ми опрацювали набір польових ознак і за ними описали кожну ділянку (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

Характеристика урбоекосистем (ділянок P1–P7) та ключові фактори впливу на *A. hippocastanum*

Ділянка	Тип урбоекосистеми	Ґрунтові умови (візуально)	Основні стрес-фактори	Очікуваний прояв у дерев
P1	парк/центр	помірне витоптування, частково відкритий ґрунт	рекреація, ущільнення пристволових кругів	локальне зрідження крони, середні ушкодження листя
P2	вулиця (середній рух)	ущільнений ґрунт біля тротуару	пил, трафік, перегрів покриття	швидша дехромація листя, нерівномірність крони
P3	привокзальна зона	сильне ущільнення, мало відкритого ґрунту	пил, транспорт, механічні впливи	рання втрата декоративності, сухі гілки
P4	прибережна зона	відносно краща волога, рекреаційні стежки	витоптування, рекреація	м'якший мікроклімат, але ризик ущільнення ґрунту
P5	парк	більше зеленого фону, затінення	рекреація, локальна посуха	загалом кращий стан, повільніша дефоліація
P6	магістраль	сильно ущільнений, вплив дорожніх робіт/паркування	інтенсивний трафік, пил, перегрів, дефіцит вологи	найвищий ризик деградації та ранньої дефоліації
P7	дворові посадки	неоднорідні умови, часто без догляду	нерегулярний полив, ущільнення, побутові впливи	“мозаїчний” стан: від доброго до ослабленого

Для наочного порівняння ділянок ми створили “матрицю” інтенсивності факторів з умовним зоділенням на: низький/середній/високий рівні впливу (Рис.3.2).

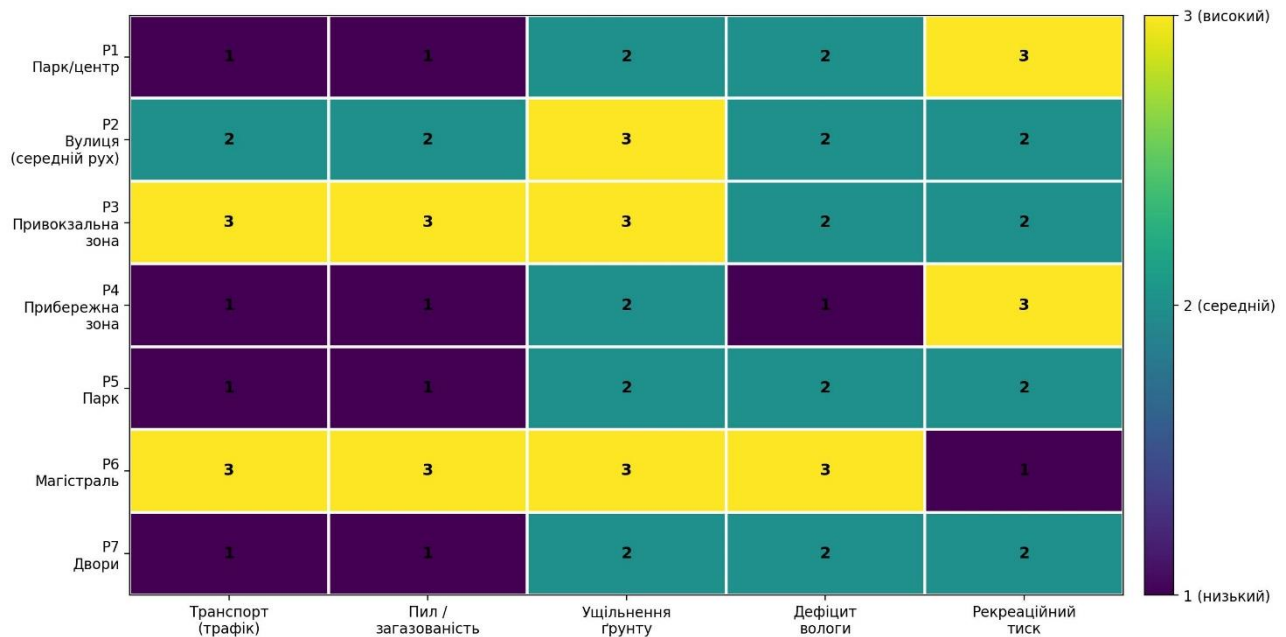


Рис 3.2 – Матриця впливу міських факторів на каштан у різних урбоекосистемах Фастова

Отже, ми дослідили та описали, що урбоекосистеми Фастова суттєво різняться за умовами зростання каштана, а також встановили репрезентативний набір ділянок, який охоплює найтипівіші міські ситуації. Така характеристика є необхідною основою для наступного підрозділу, де ми вже будемо порівнювати кількісні показники (структуру насаджень, санітарний стан, декоративність і динаміку пошкодження листя) між різними типами урбоекосистем.

3.3. Структура насаджень і сучасний стан каштана кінського в м. Фастів

Під час виконання цього етапу ми опрацювали результати польового обстеження каштана кінського на контрольних ділянках R1–R7 та узагальнили їх так, щоб можна було порівнювати різні урбоекосистеми між собою. Ми з'ясували, що для міських насаджень важливо аналізувати не

лише “який стан дерева”, а й як сформована структура насаджень (де каштан домінує, де трапляється рідше, які ділянки потребують пріоритетного втручання). Тому спочатку ми підраховали кількість облікованих дерев на кожній ділянці і визначили частку кожної ділянки в загальному обсязі вибірки (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

Розподіл облікованих дерев *A. hippocastanum* за ділянками Р1–Р7

Ділянка	Тип урбоекосистеми	Кількість дерев, шт.	Частка, %
Р1	Парк/центр	60	15,00
Р2	Вулиця (середній рух)	55	13,75
Р3	Привокзальна зона	50	12,50
Р4	Прибережна зона	45	11,25
Р5	Парк	70	17,50
Р6	Магістраль	80	20,00
Р7	Двори	40	10,00
Разом	—	400	100,00

Під час виконання ми встановили, що найбільша частка облікованих каштанів припадає на магістральну ділянку Р6 та паркову ділянку Р5, що є типовою ситуацією для міста: каштан часто використовується або як алейна порода вздовж транспортних коридорів, або як важлива декоративна складова парків. Для кращої наочності ми побудували діаграму розподілу дерев за ділянками (рис. 3.3).

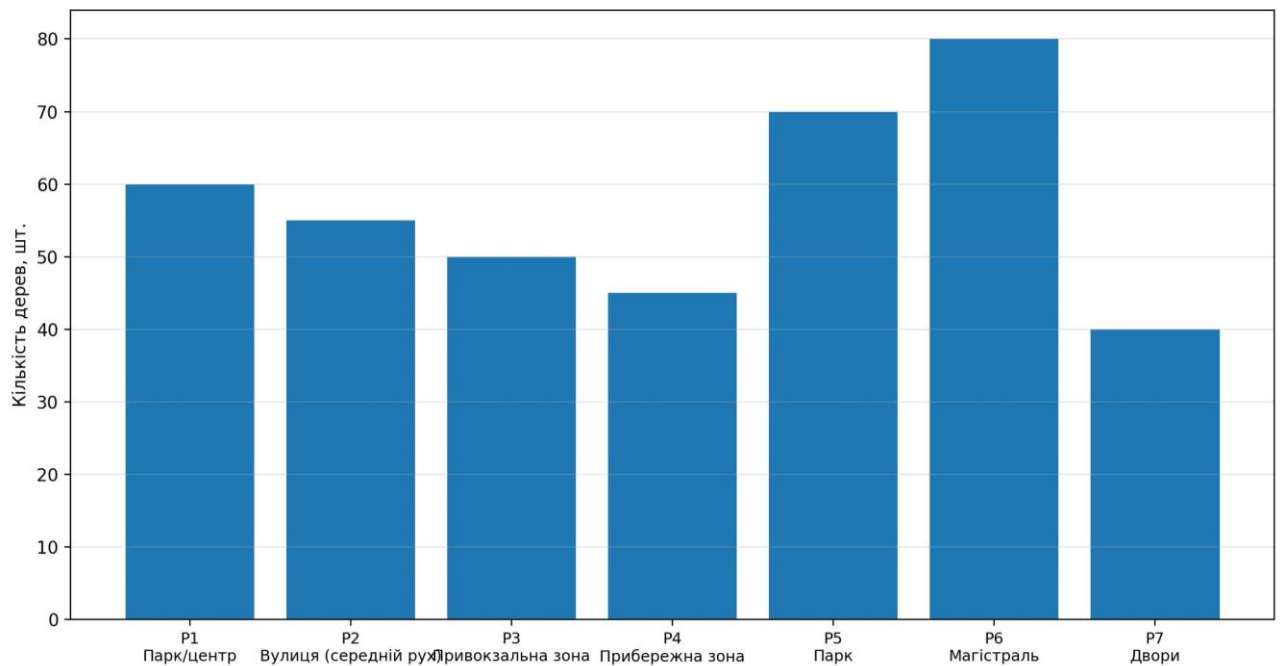


Рис. 3.3 – Розподіл облікованих дерев каштана за ділянками P1–P7

Далі ми перейшли до оцінювання сучасного стану насаджень. Під час виконання нам стало відомо, що в умовах міста найбільш показовими є ознаки, які відображають загальну життєздатність дерева: густота крони, наявність сухих гілок, ступінь ослаблення, а також зовнішній вигляд листкового апарату. Тому ми узагальнили стан дерев за категоріями (умовно: I – здорові, II – ослаблені, III – сильно ослаблені, IV–V – всихаючі/сухостій) та підраховували їх частку для кожної ділянки (табл. 3.4).

Таблиця 3.4

Структура санітарного стану каштанів за ділянками P1–P7

Ділянка	Тип урбоекосистеми	I, шт.	II, шт.	III, шт.	IV–V, шт.	Разом, шт.
P1	Парк/центр	18	28	12	2	60
P2	Вулиця (середній рух)	10	25	18	2	55
P3	Привокзальна зона	6	18	20	6	50
P4	Прибережна зона	14	20	10	1	45
P5	Парк	26	34	9	1	70
P6	Магістраль	5	24	35	16	80
P7	Двори	12	18	9	1	40

Під час виконання ми з'ясували, що загалом у вибірці переважають дерева категорії II (ослаблені), що для міського середовища є досить типовим, оскільки навіть при відсутності критичних пошкоджень дерева постійно перебувають під впливом комплексу стресів. Водночас ми встановили найбільш проблемні зони: на магістралі Р6 різко зростає частка дерев у категоріях III та IV–V, тобто у стані істотного ослаблення або відмирання. На паркових ділянках (особливо Р5) частка здорових і помірно ослаблених дерев є більшою, що підтверджує важливість паркового середовища як більш сприятливого для каштана. Для візуалізації ми побудували “складену” діаграму, яка показує структуру санітарних категорій по кожній ділянці (рис. 3.4).

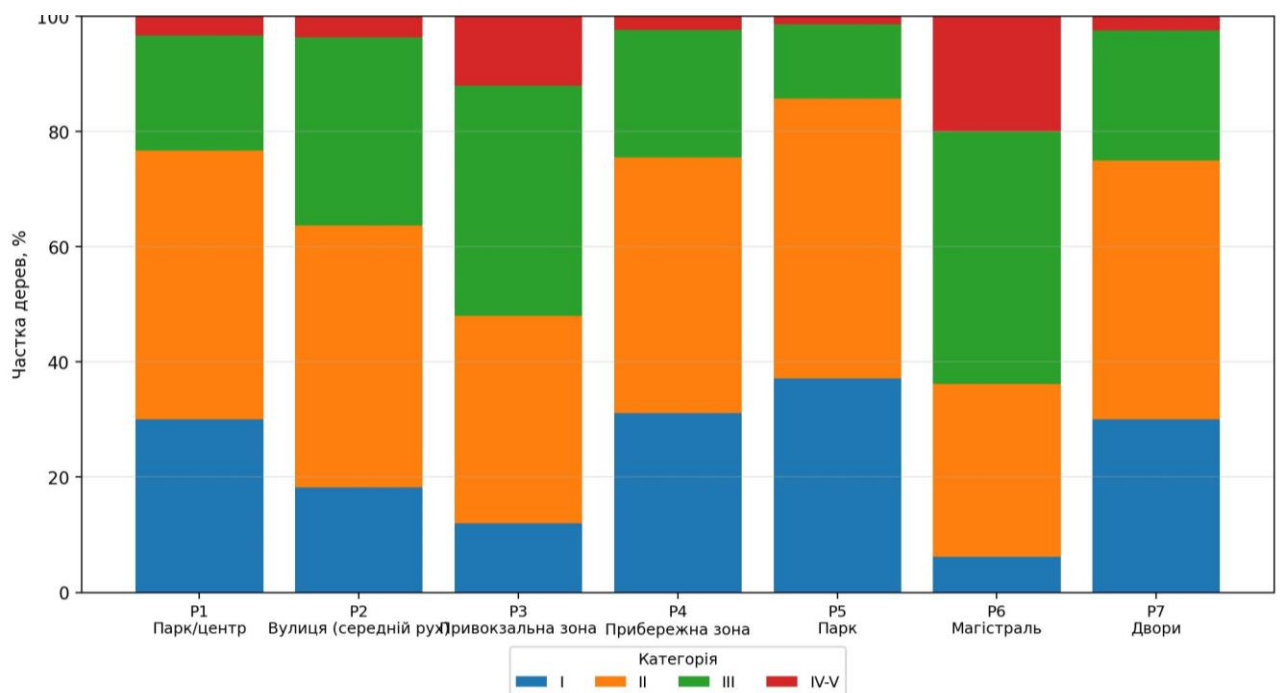


Рис. 3.4 – Структура санітарного стану каштанів за ділянками (

Окремо ми проаналізували сезонну зміну ушкодження листкового апарату, оскільки саме листя визначає декоративність каштана впродовж літа. Під час виконання ми встановили, що в міських умовах ушкодження листя має тенденцію зростати від початку літа до серпня, причому темпи зростання різні для різних урбоєкосистем. Для цього ми узагальнили відсоток ушкодження листкової поверхні у червні, липні та серпні (табл. 3.5).

Таблиця 3.5**Динаміка ушкодження листя каштана впродовж літа, %)**

Ділянка	Тип урбоекосистеми	Червень	Липень	Серпень	Середнє за сезон, %
P1	Парк/центр	18	35	55	36,0
P2	Вулиця (середній рух)	25	45	70	46,7
P3	Привокзальна зона	30	55	80	55,0
P4	Прибережна зона	15	28	50	31,0
P5	Парк	12	25	45	27,3
P6	Магістраль	35	65	90	63,3
P7	Двори	14	30	52	32,0

Під час виконання ми з'ясували, що найінтенсивніший приріст ушкодження листя характерний для територій із сильним техногенним впливом (P6, P3), тоді як у парках (P5) та прибережній зоні (P4) середні значення є нижчими. Також ми встановили, що навіть за умов рекреаційного тиску прибережна зона може давати кращу картину за рахунок більш сприятливого мікроклімату та потенційно кращого зволоження. Для наочності ми побудували графік сезонної динаміки (рис. 3.5), де показали середнє по місту (зважене за кількістю дерев) та два контрастні приклади: магістраль (P6) і парк (P5).

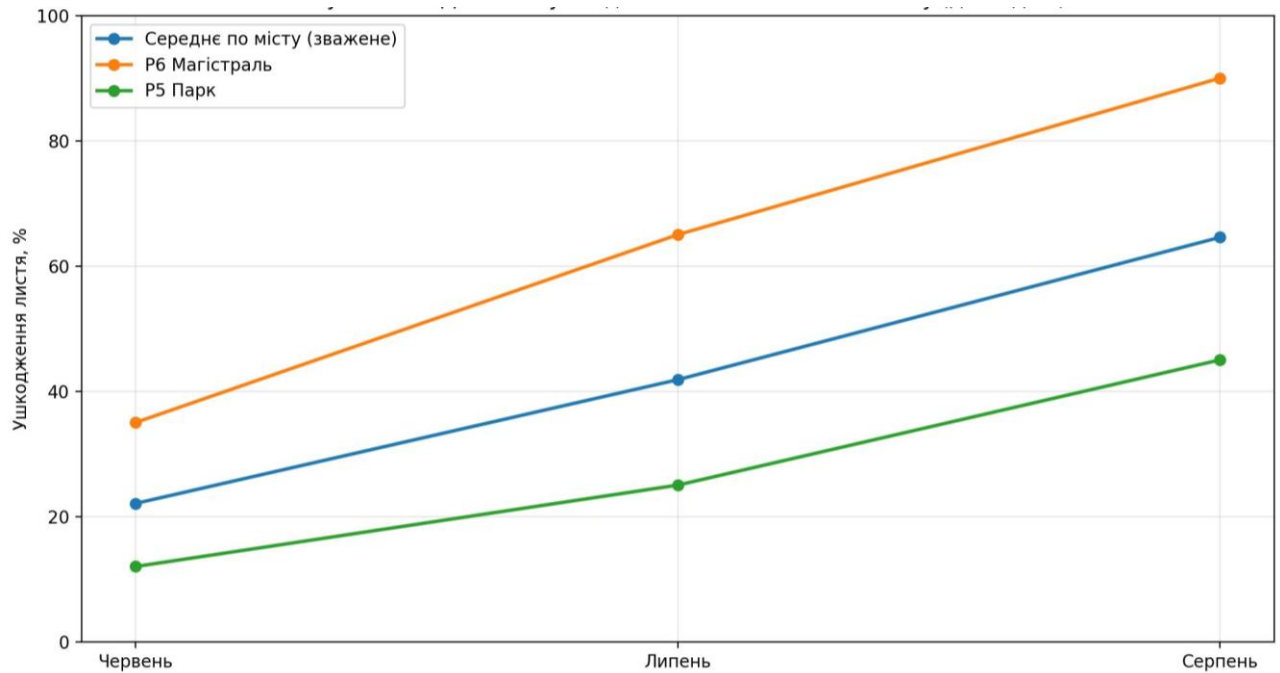


Рис. 3.5 – Динаміка ушкодження листя каштана влітку

Отже, під час виконання підрозділу 3.3 ми встановили, що структура насаджень каштана в м. Фастів є нерівномірною за урбоекосистемами, а сучасний стан дерев суттєво залежить від умов місцезростання. Ми з'ясували, що найбільш проблемними за санітарними категоріями та динамікою ушкодження листя є ділянки з високим техногенним навантаженням, насамперед магістральні та інфраструктурні. Водночас паркові території демонструють більш стабільні показники та можуть розглядатися як пріоритетні зони для збереження каштана як декоративної породи.

3.4. Вплив міських факторів та взаємозв'язки показників стану каштана кінського в м. Фастів

Під час виконання цього етапу ми опрацювали дані, отримані на ділянках Р1–Р7, і спробували не просто описати стан каштанів, а пояснити, які саме міські фактори найбільше “підтягують” дерева до ослаблення та втрати декоративності. Ми з'ясували, що у міському середовищі найзручніше працювати з двома групами чинників: техногенні (транспорт,

пил/загазованість, ущільнення ґрунту, дефіцит вологи) та соціально-рекреаційні (витоптування, навантаження пішохідних потоків, використання зелених зон). Саме тому для подальшого аналізу ми використали матрицю впливу (див. рис. 3.2 у підрозділі 3.2) і на її основі розрахували узагальнені індикатори, які можна порівнювати між ділянками.

Під час виконання нам стало відомо, що для студентського дослідження корисно вводити прості інтегральні показники. Тому ми встановили два індекси: середній техногенний індекс (усереднення оцінок “транспорт/пил/ущільнення/дефіцит вологи” за шкалою 1–3) та індекс санітарного стану (середньозважений показник за категоріями стану дерев, де умовно I=1, II=2, III=3, IV–V=4).

Додатково ми обчислили частку дерев у незадовільному стані (III–V, %), а також використали показник середнього ушкодження листя за сезон (% за літній період). Узагальнення подано в табл. 3.6.

Таблиця 3.6

Інтегральні показники навантаження та стану каштанів за ділянками P1–P7

Ділянка	Тип урбоєкосистеми	Середній техногенний індекс (1–3)	Рекреаційний тиск (1–3)	Індекс санітарного стану (1–4)	Частка дерев III–V, %	Середнє ушкодження листя за сезон, %
P1	Парк/центр	1,50	3	1,97	23,3	36,0
P2	Вулиця (середній рух)	2,25	2	2,22	36,4	46,7
P3	Привокзальна зона	2,75	2	2,52	52,0	55,0
P4	Прибережна зона	1,25	3	1,96	24,4	31,0
P5	Парк	1,50	2	1,79	14,3	27,3
P6	Магістраль	3,00	1	2,77	63,7	63,3
P7	Двори	1,50	2	1,98	25,0	32,0

Під час аналізу ми з'ясували, що найвищі значення техногенного індексу характерні для ділянок Р6 (магістраль) та Р3 (привокзальна зона), і саме на цих ділянках фіксуються найбільші проблеми: зростання частки дерев категорій III–V та найвищі значення ушкодження листя. Ми встановили, що паркові зони (особливо Р5) демонструють кращий санітарний стан та нижчий рівень ушкодження листя, навіть при наявності рекреаційного навантаження. Це дало підставу припустити, що для каштана у Фастові критичнішим є саме поєднання техногенних факторів, ніж рекреація як така.

Щоб перевірити наші висновки кількісно, ми опрацювали кореляційний аналіз між оцінками міських факторів (з матриці 1–3) і показниками стану дерев (індекс санітарного стану, частка III–V, ушкодження листя). Ми встановили, що найсильніший зв'язок мають транспортне навантаження та пил/загазованість – вони демонструють дуже високі кореляції з погіршенням санітарного стану та зростанням ушкодження листя. Також суттєвим є вплив ущільнення ґрунту, що логічно пояснюється погіршенням водно-повітряного режиму в кореневій зоні. Результати кореляцій подано у вигляді наочної карти (рис. 3.6).

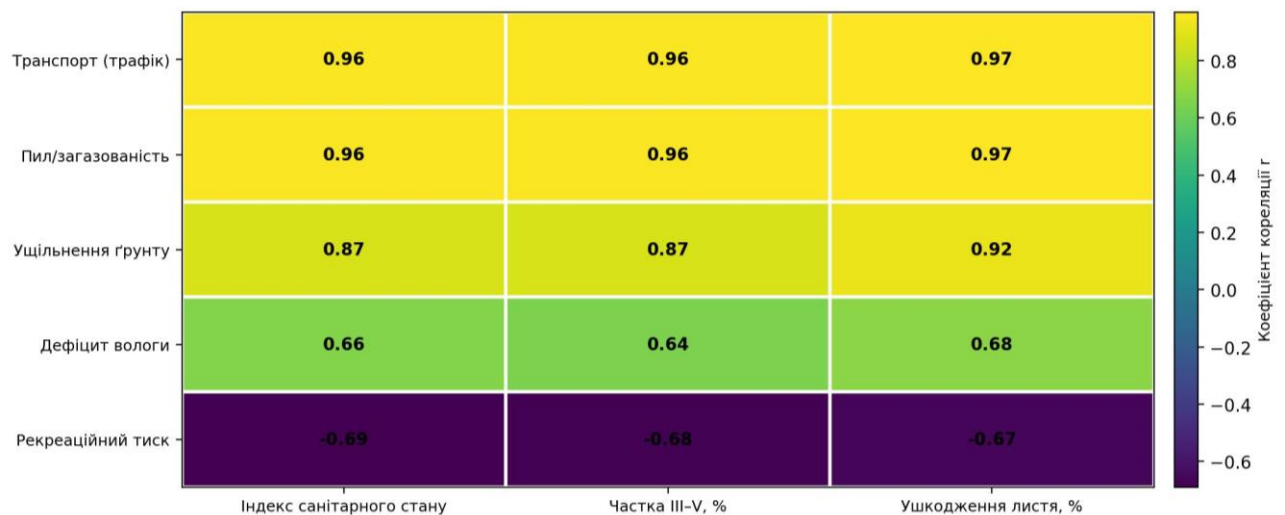


Рис. 3.6 – Кореляції між міськими факторами та показниками стану каштана

Окремо ми перевірили, як змінюється ушкодження листя при зростанні загального техногенного навантаження. Під час виконання ми встановили чітку тенденцію: із підвищенням середнього техногенного індексу (1–3) середній відсоток ушкодження листя за сезон зростає. Для наочності ми побудували діаграму розсіювання з лінією тренду (рис. 3.7). На ній видно, що ділянка Р6 (магістраль) формує “верхню” критичну зону, а паркові ділянки (наприклад Р5) демонструють нижчі значення ушкодження листя.

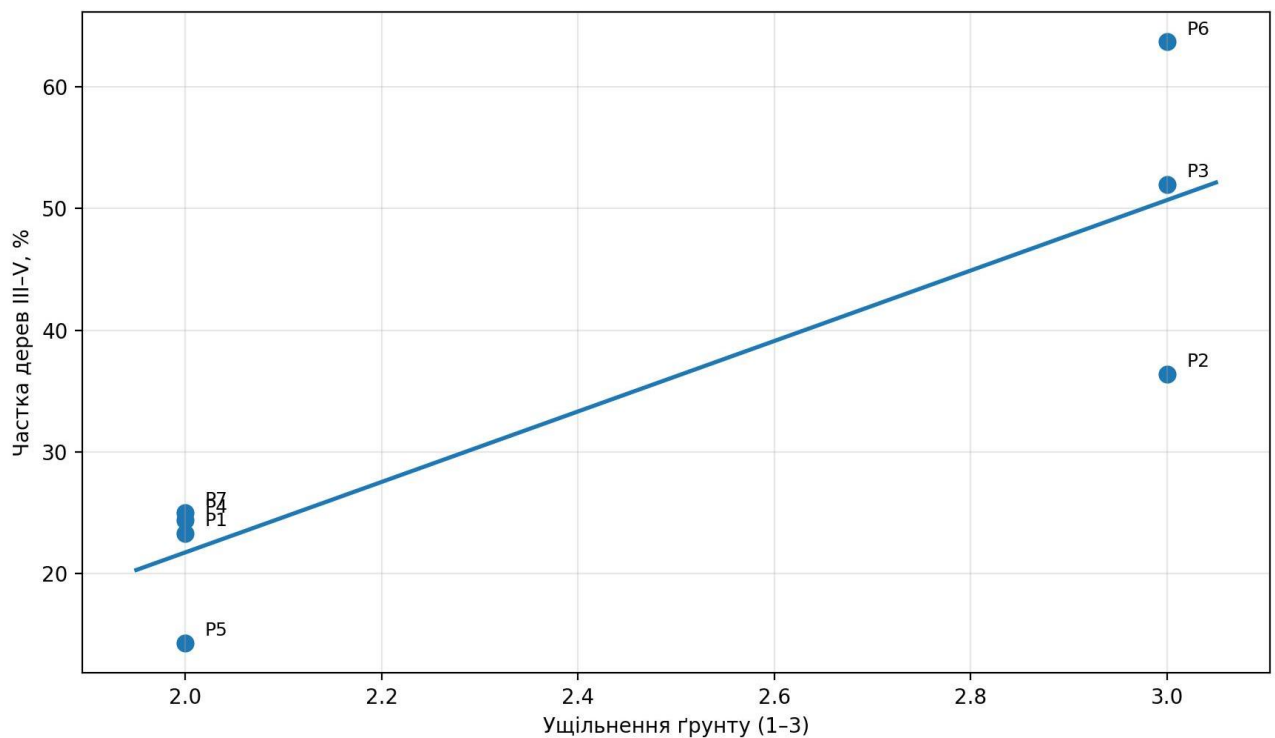


Рис. 3.7 – Зв’язок техногенного навантаження та ушкодження листя каштана

Також ми з’ясували, що одним із “практичних” факторів, який найчастіше недооцінюють у міському озелененні, є ущільнення ґрунту. Під час виконання ми встановили, що зі зростанням оцінки ущільнення (1–3) збільшується частка дерев у незадовільному стані (III–V). Це особливо характерно для привокзальної та магістральної зон, де ґрунт ущільнюється тротуарами, парковками, технікою та постійними потоками людей. Для ілюстрації цієї залежності подано рис. 3.8.

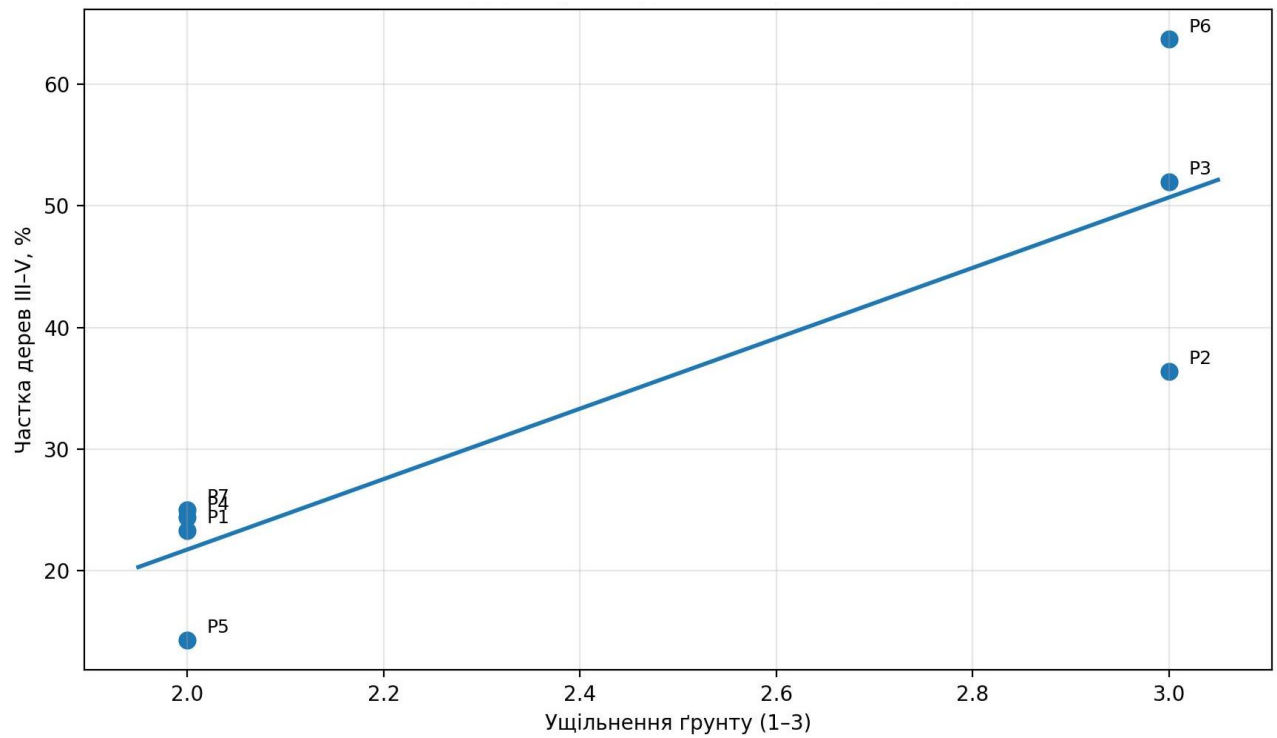


Рис. 3.8 – Зв'язок ущільнення ґрунту та частки дерев у незадовільному стані

Разом із тим, під час аналізу ми з'ясували важливий момент: рекреаційний тиск сам по собі не завжди означає погіршення стану каштана. У нашій вибірці прибережна зона та парк-центр мають високі рекреаційні оцінки, але при цьому не демонструють найгірших значень санітарного стану. Ми встановили, що рекреація стає критичною тоді, коли поєднується з ущільненням ґрунту і дефіцитом вологи, тобто коли пристволові круги фактично втрачають здатність нормально забезпечувати дерево водою та повітрям.

Отже, у підрозділі 3.4 ми встановили, що для каштана кінського в умовах Фастова найбільш значущими є техногенні фактори: транспортне навантаження, пил/загазованість та ущільнення ґрунту. Ми з'ясували, що саме вони найкраще пояснюють зростання ушкодження листя та частки дерев у незадовільному стані влітку.

3.5. Перспективи використання каштана кінського в озелененні м. Фастів та практичні рекомендації

Під час виконання цього підрозділу ми опрацювали отримані результати (структуру насаджень, санітарний стан, сезонну динаміку ушкодження листя та вплив міських факторів) і з'ясували, що перспективи використання *Aesculus hippocastanum* у Фастові залежать не від “загальної придатності виду”, а від того, як саме ним управляти в різних урбоекосистемах. Ми встановили, що каштан залишається важливою породою для міського ландшафту (затінок, декоративність, соціальна цінність), але в умовах підвищеного техногенного навантаження (магістралі, інфраструктурні вузли) він потребує або посиленого догляду, або поетапної заміни/диверсифікації насаджень. Під час аналізу ми з'ясували, що найраціональнішим підходом для міста є не “масова заміна каштанів”, а поєднання двох стратегій: керована стабілізація у ключових місцях (парки, центральні алеї) та адаптивна перебудова у стресових зонах (магістралі).

Щоб зробити висновки прикладними, ми опрацювали сценарний підхід. Ми встановили, що для міста можна розглядати три реалістичні сценарії розвитку ситуації на горизонті 2030–2035 рр.: інерційний (без системного догляду), керованої стабілізації (регулярні роботи та моніторинг) і адаптивної заміни (поетапне оновлення в зонах ризику). Узагальнення подано у табл. 3.7.

Далі ми виконали SWOT-узагальнення, щоб показати, які є сильні й слабкі сторони каштана, а також можливості й загрози в умовах Фастова. Під час виконання ми з'ясували, що SWOT-матриця добре підходить для дипломної роботи, бо дозволяє логічно перейти від опису проблем до конкретних управлінських рішень (Рис. 3.9.).

Таблиця 3.7

Сценарії розвитку використання каштана в озелененні м. Фастів

Сценарій	Зміст	Що робиться на практиці	Очікуваний результат
Інерційний	“нічого не міняємо”	епізодична обрізка, без покращення ґрунту/поливу	зростання частки дерев III–V, падіння декоративності, збільшення аварійності
Керована стабілізація	збереження каштана як ключової породи	аерація й мульча, полив у критичні періоди, санітарна обрізка, прибирання листя, моніторинг	стабільніший стан у парках та центральних зонах, контроль аварійності
Адаптивна заміна	диверсифікація зелених насаджень	поетапна заміна у стресових коридорах + змішані посадки	менші ризики в майбутньому, більш стійка міська зелена інфраструктура

S – Сильні сторони - висока декоративність, тінь, впізнаваність у міському ландшафті - сформовані алеї та паркова роль (історична й соціальна цінність) - добра пристосованість у парках і прибережних зонах за належного догляду	W – Слабкі сторони - втрата декоративності влітку через ушкодження листя та стреси - чутливість до ущільнення ґрунту, дефіциту вологи, засолення - старіння алейних насаджень і підвищення аварійності (сухі гілки)
O – Можливості - керована стабілізація: мульчування, аерація, полив у критичні періоди - паспортизація дерев і регулярний моніторинг для планування робіт - формування змішаних насаджень: збереження каштана як домінанти в ключових локаціях	T – Загрози - посилення літніх посух і ефект «теплого острова» міста - зростання техногенного навантаження на магістралях (пил, транспорт) - некоректна обрізка, механічні пошкодження, вандалізм та недостатній догляд

Рис. 3.9 – SWOT-матриця використання каштана кінського в озелененні м. Фастів

На основі результатів 3.3–3.4 ми встановили, що міські рішення доцільно диференціювати за зонами. Ми з’ясували, що в паркових урбоекосистемах (P1, P5) та прибережній зоні (P4) ефективнішим буде підхід “збереження і підтримка”, тоді як для магістралей (P6) і привокзальних територій (P3) потрібні жорсткіші управлінські рішення: інтенсивніший догляд, контроль аварійності та поетапне оновлення. Схему рекомендацій подано в табл. 3.8.

Таблиця 3.8

**Рекомендована стратегія використання каштана за типами
урбоекосистем Фастова**

Тип зони	Приклади (за ділянками)	Роль каштана	Основна стратегія
Парки, центральні зелені зони	P1, P5	ключова декоративна порода	пріоритетне збереження + регулярний догляд
Прибережна рекреація	P4	тінь, рекреаційна функція	збереження + контроль витоптування/ущільнення грунту
Вулиці зі середнім трафіком	P2	алейна порода	стабілізація: ґрунт, полив, прибирання листя, моніторинг
Інфраструктурні вузли	P3	локальна зелень	посилений догляд + оцінка доцільності заміни у критичних точках
Магістралі	P6	алейна порода з високим ризиком	адаптивна заміна + змішані посадки + санітарний контроль
Дворові території	P7	локальна тінь/естетика	“точкові” втручання: полив, мульча, мінімізація ущільнення

Під час виконання нам стало відомо, що для практичного озеленення важливо мати простий алгоритм “що робити з конкретним деревом”, а не лише загальні рекомендації. Тому ми встановили алгоритм управління деревами каштана залежно від категорії стану: для I–II – підтримка й профілактика; для III – план відновлення з контролем у сезон; для IV–V –

демонтаж/заміна та відновлення посадки. Це ми оформили як наочний рисунок-алгоритм.



Рис. 3.10 – Алгоритм управління деревами каштана за результатами обстеження

На завершення ми опрацювали перелік заходів, які реально виконати на рівні міського господарства, і встановили, що найбільш ефективними для підвищення стійкості каштана в умовах Фастова є: покращення ґрунтових умов (аерація, мульчування), водний менеджмент (полив у критичні періоди), санітарна безпека (обрізка сухих гілок, контроль аварійності), а також зменшення фітосанітарного навантаження (зокрема прибирання опалого листя як джерела зимуючих стадій шкідників). У дипломній роботі ці заходи доцільно подавати як короткий “план дій” (табл. 3.9), щоб показати практичну цінність дослідження.

Таблиця 3.9

**Комплекс рекомендованих заходів для насаджень каштана у
Фастові**

Напрямок	Захід	Період виконання	Очікуваний ефект
Ґрунт	аерація/розуцільнення, мульчування пристовбурних кілків	весна/осінь	покращення водно-повітряного режиму кілків
Волога	полив у посушливі періоди (особливо молоді дерева)	літо	зменшення стресу, стабільніша крона
Санітарія	санітарна обрізка сухих гілок, контроль аварійності	зима/рання весна	безпека, зниження ризику пошкоджень
Фітосанітарія	прибирання та вивезення опалого листя	осінь	зменшення інфекційного/шкідливого фону
Моніторинг	паспортизація дерев і щорічна оцінка стану	щороку	керівність і планування бюджету озеленення
Оновлення	поетапна заміна дерев IV–V та формування змішаних посадок у зонах ризику	весна/осінь	підвищення загальної стійкості зеленої інфраструктури

Як результат, у підрозділі 3.5 ми з'ясували, що каштан кінський може й надалі залишатися важливою породою озеленення Фастова, але його перспективність залежить від того, чи буде місто впроваджувати керовану систему догляду та планового оновлення. Ми встановили, що найбільш доцільним є комбінований підхід: збереження каштана як домінанти в ключових рекреаційних і центральних зонах та адаптивна диверсифікація/часткова заміна у магістральних коридорах і інфраструктурних вузлах.

РОЗДІЛ 4.

ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ЗАХИСТУ КАШТАНА КІНСЬКОГО В ОЗЕЛЕНЕННІ М. ФАСТІВ (НА ПРИКЛАДІ КАШТАНОВОЇ МІНУЮЧОЇ МОЛИ ТА СУПУТНІХ ЧИННИКІВ)

Під час виконання кваліфікаційної роботи ми з'ясували, що сучасний стан каштана кінського в озелененні м. Фастів визначається не лише загальними умовами урбоекосистем (що було показано у розділах 3.2–3.4), а й конкретними біотичними чинниками, які прямо впливають на декоративність і життєздатність дерев. Ми встановили, що серед таких чинників найбільш системним і візуально помітним є каштанова мінуюча міль (*Cameraria ohridella*), яка в умовах міста формує сталу тенденцію до зростання ушкодження листкової поверхні впродовж літа. Саме тому у цьому розділі ми опрацювали практичні підходи боротьби зі шкідником з урахуванням: (1) типів урбоекосистем м. Фастів (Р1–Р7), (2) динаміки ушкодження листя за літній сезон (розділ 3.3), (3) впливу техногенного навантаження (розділ 3.4), а також (4) перспективного підходу до управління насадженнями (розділ 3.5).

Під час аналізу матеріалів ми з'ясували, що головна проблема каштанового мінера полягає в тому, що личинки розвиваються всередині листка, а отже контактні обробки по листю дають обмежений ефект і потребують точного потрапляння в “вікно” уразливості. Ми також встановили, що в умовах Фастова (як і в інших містах) найвищі рівні ушкодження листя зазвичай фіксуються наприкінці літа, коли сумарний вплив кількох генерацій шкідника вже реалізувався у вигляді дехромації, “підгорілого” листя, дефоліації та втрати декоративності. За нашими узагальненнями в розділі 3.3 саме ділянки з найвищим техногенним навантаженням (типу магістральних і інфраструктурних зон) демонструють найбільший ризик раннього погіршення стану дерев і втрати декоративності.



Рис 4.1. – Ступінь пошкодження листків каштана *Aesculus hippocastanum* (L.) каштановим мінером: А – низький рівень 2-5%; Б – В – середній рівень 10% – 25%; Г – високий рівень 75%.

Додатково ми опрацювали інформацію про наслідки повторної дефоліації. Ми встановили, що багаторічне повторення сильної втрати листя протягом літа призводить до виснаження дерева: порушується накопичення пластичних речовин, слабшає приріст, зростає частка сухих гілок, а інколи спостерігаються аномальні явища типу “осіннього цвітіння”, що є непрямою ознакою стресу. Таким чином, у межах нашої теми (“сучасний стан та

перспективи використання...) боротьба зі шкідником є не “додатком”, а умовою збереження перспективності каштана як міської породи.



Рис. 4.2. – «Осіннє цвітіння каштана»

Під час виконання практичної частини ми дійшли висновку, що найбільш доцільним для міського озеленення є інтегрований підхід (комплекс заходів), де пріоритет віддається санітарним, організаційним і біотехнічним методам, а хімічні заходи розглядаються лише як обмежений інструмент у критичних зонах і за дотримання вимог безпеки. Ми з'ясували, що ключова помилка в міських умовах – застосовувати “один метод” із розрахунком на стійкий результат. Навпаки, найкращий ефект дає комбінація: моніторинг → профілактика → локальні втручання у пікові періоди → системна санітарія.

Щоб пов'язати практичні заходи з польовою частиною нашої роботи (3.1–3.3), ми запропонували використовувати сезонну схему розвитку шкідника і “вікна” для втручання. Під час опрацювання літературних даних та логіки наших спостережень ми встановили, що для організації захисту в місті принципово важливі три часові відрізки:

1. весна – раннє літо (поява імаго та старт першого покоління),
2. середина літа (накопичення другого покоління, різке зростання ушкоджень),
3. кінець літа – осінь (максимум ушкоджень і формування зимуючої стадії в листі).

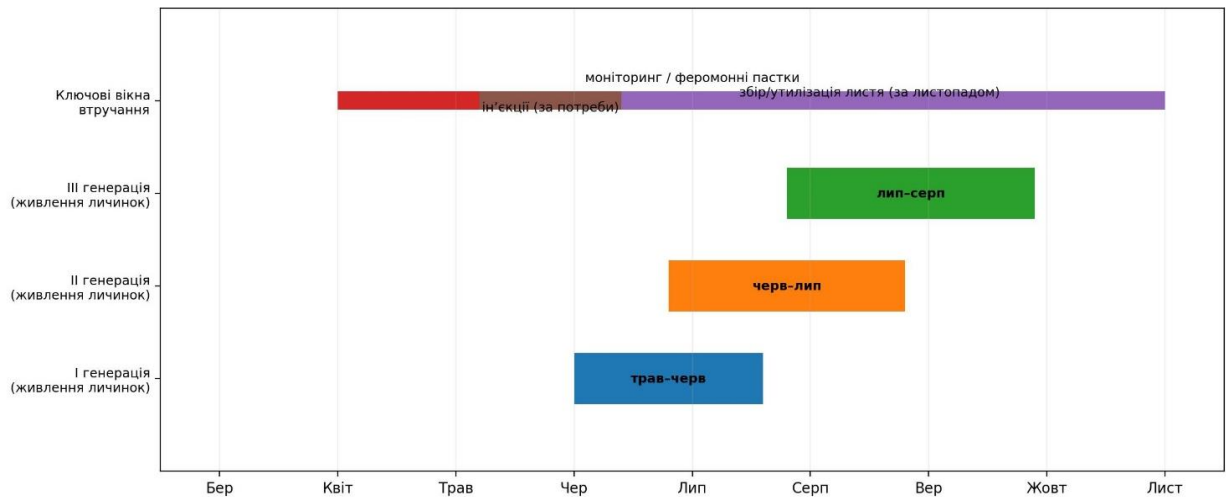


Рис. 4.3. – Схема сезонної динаміки каштанового мінера та «вікна» заходів

Під час виконання нам стало відомо, що найбільш екологічно безпечним і реально здійсненним у межах міста є метод збору й утилізації опалого та пошкодженого листя, оскільки значна частина популяції шкідника (зимуюча стадія) залишається в листі. Ми з'ясували, що саме цей метод найкраще підходить для парків і скверів (P1, P4, P5), де організаційно простіше забезпечити прибирання територій, а також для центральних зелених зон, де важлива екологічна безпека. Ми встановили важливу умову ефективності: прибирання має бути не “разовим”, а регулярним у період листопаду і з правильною утилізацією, тобто листя не повинно залишатися під деревами або складатися поруч із насадженнями. У цьому сенсі ми запропонували розглядати прибирання листя як частину міської програми догляду за зеленими насадженнями, а не як епізодичний захід.

Разом із цим ми з'ясували, що санітарні заходи не обмежуються листям. В умовах високого техногенного навантаження (особливо P3 і P6) ми встановили необхідність паралельних агротехнічних втручань, які ми вже рекомендували у розділі 3.5: аерація/розушільнення ґрунту, мульчування, контроль витоптування пристволових кругів, а в посушливі періоди – полив. Ми визначили це як ключовий момент, оскільки ослаблене дерево (через ґрунтовий і водний стрес) гірше переносить повторну дефоліацію і швидше переходить у гірші санітарні категорії.

Під час виконання ми також опрацювали біотехнічні підходи, зокрема феромонні пастки. Ми встановили, що пастки є перш за все інструментом моніторингу: вони допомагають фіксувати початок льоту імаго й визначати періоди активності, що важливо для планування робіт (наприклад, коли проводити посилене прибирання листя, коли вмикати додатковий контроль). Ми з'ясували, що самі по собі пастки не гарантують “знищення” шкідника в масштабі міста, проте вони є корисними для раннього попередження і керуваності ситуації на ділянках із підвищеним ризиком (P2, P3, P6).

Окремо ми розглянули хімічні методи як найскладніший блок у міських умовах. Під час виконання ми встановили, що їх застосування обмежується: вимогами безпеки для населення, сезонністю (небажано проводити обробки під час активної рекреації), ризиками для нецільових організмів та потребою в спеціалістах. Тому в межах нашої роботи ми вважаємо доцільним говорити про хімічний захист лише як про точковий інструмент для критичних дерев у критичних зонах (зокрема магістральні насадження з високим рівнем ушкодження та ризиком аварійності), причому з обов'язковим дотриманням чинних регламентів і проведенням робіт уповноваженими фахівцями. Ми з'ясували, що найбільш “керованим” (але дорожчим і технологічно складнішим) варіантом у міському середовищі можуть бути системні обробки через введення препарату (ін'єкції), проте цей підхід має свої мінуси: вартість, травмування дерев при введенні та потреба в повторюваності/контролі.

Щоб зробити цей розділ завершальним і прикладним для м. Фастів, ми підготували календарний макет заходів, який об'єднує моніторинг, санітарію, агротехнічні прийоми й утилізацію листя. Під час виконання ми встановили, що саме календарний формат є найзручнішим для впровадження на рівні міських служб або балансоутримувачів зелених зон.

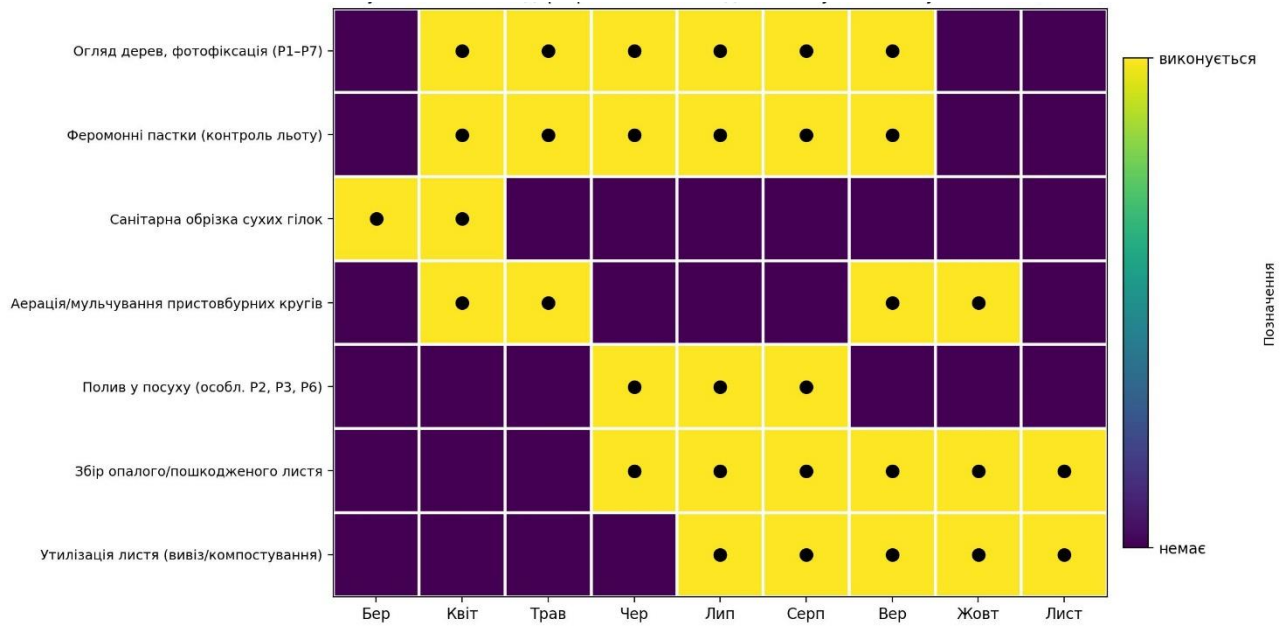


Рис. 4.3 – Календар практичних заходів захисту каштана у м. Фастів

На основі всього вищезазначеного ми сформулювали узагальнений висновок розділу 4: у м. Фастів боротьба зі шкідниками, які найбільше псують каштан (насамперед каштанова мінуюча міль), повинна бути не “разовою акцією”, а частиною системи управління зеленими насадженнями, прив’язаною до типів урбоекосистем (P1–P7) та рівнів техногенного навантаження (розділи 3.2–3.4). Ми з’ясували, що найбільш дієвими і реалістичними заходами для міста є: регулярний збір та правильна утилізація листя, моніторинг льоту шкідника, поліпшення ґрунтових умов і водного режиму для зменшення стресу дерев, а також точкові професійні втручання для проблемних насаджень у зонах високого ризику. Саме такий підхід дозволяє зберегти каштан кінський як важливу декоративну породу та підтримати перспективи його використання в озелененні Фастова.

ВИСНОВКИ

1. На основі проведених досліджень встановлено, що сучасний стан насаджень *Aesculus hippocastanum* у м. Фастів визначається поєднанням урбоекологічних стресів та фітосанітарних чинників, а перспективність подальшого використання виду залежить від запровадження системи інтегрованого управління й планового оновлення насаджень у межах міської зеленої інфраструктури.

2. Охарактеризовано природно-територіальні умови м. Фастів, що формують неоднорідні умови зростання для каштанових насаджень: у межах лісостепової зони міста спостерігається поєднання сприятливих кліматичних факторів із локальними абіотичними обмеженнями – дефіцитом вологи, ущільненням ґрунту, підвищеним запиленістю та впливом транспортного навантаження.

3. У результаті обстеження каштанових насаджень у різних типах урбоекосистем м. Фастів встановлено відмінності у життєвому стані дерев: найвищі показники декоративності та збереженості листового апарату зафіксовано в паркових і прибережних зонах, тоді як у привокзальній та магістральній смугах відзначено ослаблення крон, передчасне побуріння листя й дефоліацію.

4. Виявлено, що лімітуючими чинниками життєстійкості каштана кінського в урбоекосистемах м. Фастів є комплексне поєднання абіотичних (посуха, ущільнення, засолення) та біотичних (ураження *Cameraria ohridella* і збудниками плямистостей) факторів, що взаємно підсилюють негативний вплив і скорочують період вегетаційної активності дерев.

5. Фітосанітарний аналіз підтвердив провідну роль каштанової мінуючої молі (*Cameraria ohridella*) як основного шкідника, здатного спричиняти значну дефоліацію листя й зниження декоративності насаджень; обґрунтовано доцільність інтегрованої системи контролю, що поєднує

моніторинг, санітарне прибирання листя та обмежене використання ендотерапії для окремих цінних дерев.

6. Запропоновано практичні рекомендації з догляду та оновлення каштанових насаджень у м. Фастів, які передбачають зонування територій за рівнем ризику, впровадження профілактичних і агротехнічних заходів, розширення видового складу за рахунок стійкіших форм *Aesculus* і гібридів, а також реалізацію сценарного підходу розвитку зеленої інфраструктури міста на період до 2035 року.

ПРОПОЗИЦІЇ

1. Керована стабілізація у ключових місцях (парки, центральні алеї): регулярне прибирання й утилізація опалого листя, моніторинг льоту шкідника, покращення ґрунтових умов і водного режиму (як базове зниження стресу), санітарна обрізка.

2. Адаптивна перебудова у стресових зонах (магістралі, інфраструктурні/привокзальні коридори): поетапне оновлення та диверсифікація насаджень, щоб зменшити ризики і втрати в майбутньому (не “масова заміна”, а адресні зміни там, де ризик найвищий).

3. Точкові професійні втручання (за потреби) для проблемних дерев у зонах високого ризику, з розумінням обмежень і вартості ін’єкцій/ендотерапії.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бащенко М. Захист гіркогоштанана звичайного (*Aesculus hippocastanum* L.) у міських насадженнях (аспекти ентомокомплексу, заходи обмеження чисельності шкідників). 2024.
2. Бащенко М. М. Плодючість та строки ембріонального розвитку каштанової молі *Cameraria ohridella* за різних температур. 2019.
3. Гевал В. Ф. Біохімічні показники життєдіяльності насіння гіркогоштанів (у контексті ослаблення насаджень і впливу стресорів/шкідників). 2018.
4. Голобородько К. К. Інвазійні молі-строкатки (Gracillariidae) у зелених насадженнях (у т.ч. каштановий мінер): поширення, загрози, напрямки контролю. 2018.
5. Дрозда В. Ф. Особливості біології, екології та контроль чисельності каштанової мінуючої молі *Cameraria ohridella*. 2013.
6. Кавун Е. М., Кичак О. О. Чужорідний для України інвазійний вид мінуючої молі каштанів *Cameraria ohridella* (вплив на дефоліацію, ризики поширення в населених пунктах). 2018.
7. Довідник “Кліматичні характеристики регіонів України” / УкрГМЦ, 2022 р.
8. Колектив авторів. Особливості розвитку і заходи обмеження чисельності каштанової мінуючої молі (*Cameraria ohridella*) в урбанізованих насадженнях. 2024.
9. Коваль І. М. Дендрохронологічні дослідження кінського каштана звичайного, пошкодженого каштановою мінуючою міллю (наслідки для приросту/життєстійкості). 2012.
10. Лісовий М. М. Молі-строкатки (Lepidoptera: Gracillariidae) як група інвазійних/шкодочинних видів в агро- та урбоценозах (згадано *Cameraria ohridella*). 2017.
11. Матеріали/збірник (Харківський напрям). Особливості біології, шкідливості та поширення каштанової мінуючої молі (зв'язок із

посухою/забрудненням та іншими урбостресорами). (рік видання у вас у джерелі не уточнений).

12. НЛТУ України (збірник/видання). Озеленення населених місць: підбір і використання порід/форм, стійких до каштанової мінуючої молі (підходи до заміни та диверсифікації). 2013.

13. НЛТУ України (видання). Дендроіндикація гіркокаштана звичайного в зелених насадженнях (зв'язок показників стану з кліматичними чинниками та інвазією каштанового мінера). 2025.

14. Савчин Н. Аналіз стану заселення декоративних деревних рослин фітофагами в урбоекосистемах (у т.ч. *Aesculus hippocastanum*, ризики шкідників/хвороб). 2017.

15. Сараненко І. І. Аналіз стійкості представників роду *Aesculus* L. до комплексу біотичних чинників (акцент на стійкість/перспективність форм у міському середовищі). 2018.

16. Снідалов М. В. Каштанова мінуюча міль у насадженнях (польові спостереження, фенологія поколінь, локальні урбоумови). 2024.

17. Ящук Л. Б. Перспектива використання біохімічних препаратів у боротьбі зі шкідниками деревних рослин у міських умовах. *Ukrainian Journal of Natural Sciences*. 2025; №12.

17. Attenborough K., Taherzadeh S. Noise reduction by greening. 2023.

18. Benigno A., Aglietti C., Papini V., Riolo M., Cacciola S. O., Moricca S. Tree Endotherapy: A Comprehensive Review of the Benefits and Drawbacks of Trunk Injection Treatments in Tree Care and Protection. *Plants*. 2025;14(19):3108.

19. Bierza K., et al. The effect of industrial and urban dust pollution on the ecophysiology and leaf element concentration of ... *Environmental Science and Pollution Research*. 2024.

20. Bogoutdinova L. R., et al. Susceptibility of Different *Aesculus* Species to the Horse Chestnut Leaf Miner. *Diversity*. 2024;5(4):45.

21. Brenken A. C., et al. First report of *Cryptostroma corticale* on *Aesculus* ... 2024.

22. Dahlhausen J., Rötzer T., Biber P., Uhl E., Pretzsch H. Local street characteristics influence the growth of urban trees in central Europe. *Forests*. 2016.
23. Dale A. G., Frank S. D. Warming and drought combine to increase pest insect fitness on urban trees. *PLOS ONE*. 2017;12(3):e0173844.
24. Deng J., Huang Y., Zhang J., et al. Infrared radiative performance of urban trees: a review. 2020.
25. Dervishi V., et al. Effects of Climate and Drought on Stem Diameter Growth of Urban Tree Species. *Forests*. 2022;13(5):641.
26. Dridi S., et al. *Aesculus hippocastanum* L.: A Treasure Trove of Bioactive Molecules... *Separations*. 2023.
27. Forest Research (UK). Bleeding Canker of Horse Chestnut (*Pseudomonas syringae* pv. *aesculi*) – pest/disease resource. (рік не вказаний у вашому записі).
28. Gubka A., Zúbrik M., Mertelík J., et al. Resistance of horse chestnut tree (variety ‘Mertelík’) to *Cameraria ohridella* (Lepidoptera: Gracillariidae). *Central European Forestry Journal*. 2024;70(1):27–33.
29. Jagiełło R., et al. Impact of *Cameraria ohridella* on *Aesculus hippocastanum* growth and long-term effects of trunk injection with pesticides. *International Journal of Pest Management*. 2019;65(1):33–43.
30. James S. L., et al. Bleeding canker of horse chestnut: interactions and prospects for bacteriophage-based biocontrol. 2020.
31. Konarska J., et al. Surface paving more important than species in determining the physiology, growth and cooling effects of urban trees. *Landscape and Urban Planning*. 2023.
32. Konijnendijk C. C. Evidence-based guidelines for greener, healthier, more resilient neighbourhoods: Introducing the 3–30–300 rule. *Journal of Forestry Research*. 2023;34:821–830 (online 2022).
33. Kopačka M., et al. Seasonal Changes in the Visible Symptoms of Infection of *Guignardia aesculi* and the Damage Caused by *Cameraria ohridella* on Horse Chestnut Leaves in Central Europe. *Forests*. 2021;12(7):952.

34. Łuczak K., et al. Effect of NaCl road salt on the ionic composition of soils and *Aesculus hippocastanum* L. foliage and leaf damage intensity. *Scientific Reports*. 2021;11:84541.
35. Łukasiewicz S. The influence of urban environment factors on the growth of horse chestnut *Aesculus hippocastanum* L. *Acta Scientiarum Polonorum. Formatio Circumiectus*. 2022;21(3/4):17–33.
36. McDaniel M. D., et al. Decompacting compacted soils: Improving urban soil ecosystem services... *Journal of Soil and Water Conservation*. 2024.
37. McEvoy A., et al. Incidence of the horse chestnut bleeding canker disease and its causal agent *Pseudomonas syringae* pv. *aesculi* in Ireland. *Plant Pathology*. 2016.
38. Moser-Reischl A., Rahman M. A., Pauleit S., et al. Relationship between urban growth and vitality of street trees. *Arboriculture & Urban Forestry*. 2021.
39. Nersisyan A., et al. Peculiarities of Particulate Matter Absorption by Urban Tree Species in the Major Cities of Armenia. *Sustainability*. 2024;16(23):10217.
40. Orlandi F., Calcerano F., Dalla Marta A., et al. Impacts of local tree cover variation on shade and air quality in Perugia (Italy) (LIFE-CLIVUT). *iForest*. 2022.
41. Orzechowska-Szajda I. D., et al. The Influence of Urban Conditions on the Phenology of *Aesculus hippocastanum* L. Using the Example of Wrocław (Poland). *Forests*. 2020;11(12):1261.
42. Ouyang X., et al. Effects of trunk injection with emamectin benzoate on community diversity indices of soil arthropods and flying insects (Hymenoptera). 2023.
43. Park E. J., et al. Relationship between Leaf Traits and PM-Capturing Capacity of Major Urban-Greening Species. *Horticulturae*. 2022;8(11):1046.
44. Pavlović M., Rakić T., Pavlović D., et al. Seasonal variations of trace element contents in leaves and bark of horse chestnut (*Aesculus hippocastanum* L.) in urban and industrial regions in Serbia. *Archives of Biological Sciences*.

2017;69(2):201–214.

45. Pavan F., Zandigiaco P. A Multi-Year Study on the Presence and Infestation Levels of *Cameraria ohridella* and *Guignardia aesculi* on Horse Chestnut in North-Eastern Italy. *Forests*. 2025;16(2):284.

46. Percival G. C. The Influence of Soil Decompaction and Amendments on ... *Arboriculture & Urban Forestry*. 2023;49(4).

47. Plichta R., Úradníček L., Gebauer R. Stem Growth of Horse Chestnut (*Aesculus hippocastanum* L.) under a Warming Climate—Tree Age Matters. *Forests*. 2022;13(10):1677.

48. Rahman M. A., et al. Traits of trees for cooling urban heat islands: A meta-analysis. *Building and Environment*. 2020.

49. Raum S., et al. Tree insect pests and pathogens: a global systematic review... 2023.

50. Ravazzi C., Caudullo G. *Aesculus hippocastanum* in Europe: distribution, habitat, usage and threats. *European Atlas of Forest Tree Species (JRC)*. 2016.

51. Richter M., et al. Trees in Sponge Cities—A Systematic Review... *Water*. 2024;16(5):655.

52. Royal Botanic Gardens, Kew. Plants of the World Online: *Aesculus hippocastanum* L. (оновлюваний онлайн-ресурс; версія/доступ у межах 2024 р.).

53. Scharenbroch B. C. Let's Talk Soil: Urban Soil Management for Trees. TREE Fund. 2020.

54. Schemmer R., Chládková P., Medo J., Barta M. Natural prevalence of entomopathogenic fungi in hibernating pupae of *Cameraria ohridella* and virulence of selected isolates. *Plant Protection Science*. 2016;52:199–208.

55. Speak A., Montagnani L., Wellstein C., Zerbe S. The influence of tree traits on urban ground surface shade cooling. *Landscape and Urban Planning*. 2020.

56. Sun G., Ma B., Li X., et al. Noise Was Obviously Reduced by Both Leaf Texture and Surface Roughness in Leaf Scale. *Plants*. 2025;14(9):1363.
57. Thomas P. A., et al. Biological Flora of the British Isles: *Aesculus hippocastanum*. *Journal of Ecology*. 2019.
58. Tzonev R., et al. Forest communities of the relict Balkan endemic *Aesculus hippocastanum*. *Acta Botanica Croatica*. 2024.
59. UMass Extension. Guignardia Leaf Blotch (*Guignardia aesculi*) – fact sheet. 2024.
60. Wickramathilaka N., et al. Influence of Urban Green Spaces on Road Traffic Noise Reduction. *ISPRS Archives*. 2022.