

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**Факультет агротехнологій та природокористування**  
**Кафедра садово-паркового та лісового господарства**

**«До захисту допущено»**  
Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ підпис \_\_\_\_\_ ПІБ  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти

на тему: **«Вивчення впливу деревних насаджень на  
формування мікроклімату урбанізованих територій (на  
прикладі м.Суми)»**

Виконав (–ла):

Дар'я ВАЩЕНКО

*Ім'я ПРІЗВИЩЕ*

Група:

СПГ2101–1

Науковий керівник

Тетяна МЕЛЬНИК

*Ім'я ПРІЗВИЩЕ*

Рецензент

Анатолій ПОДГАСЦЬКИЙ

*Ім'я ПРІЗВИЩЕ*

**Суми – 2025**

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Факультет** *агротехнологій та природокористування*  
**Кафедра** *садово-паркового та лісового господарства*  
**Ступень вищої освіти** – *бакалавр*  
**Спеціальність** – *206 «Садово-паркове господарство»*

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
**Завідувач кафедри садово-паркового  
та лісового господарства**

\_\_\_\_\_ ППБ  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ  
на кваліфікаційну роботу**

\_\_\_\_\_  
*прізвище, ім'я, по батькові*

1. Тема кваліфікаційної роботи \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

2. Керівник кваліфікаційної роботи \_\_\_\_\_

3. Строк подання здобувачем закінченої роботи \_\_\_\_\_

4. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

5. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які необхідно опрацювати)  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

6. Перелік графічного матеріалу (з точною вказівкою обов'язкових креслень)  
\_\_\_\_\_

Керівник кваліфікаційної роботи \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_  
*підпис* *Ім'я, ПРІЗВИЩЕ*

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_  
*підпис* *Ім'я, ПРІЗВИЩЕ*

Дата отримання завдання «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назви етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітки
1.	Вибір теми і об'єкта досліджень	5-й семестр	
2.	Розробка завдання до кваліфікаційної роботи; складання календарного плану; формування змісту розрахунково-пояснювальної записки (формування переліку питань, які необхідно опрацювати в роботі). Підбір методик для проведення досліджень	5-й семестр	
3.	Виконання кваліфікаційної роботи		
3.1.	Підбір та аналіз літературних джерел з теми кваліфікаційної роботи	5-й семестр	
3.2.	Збір вихідних даних (проведення польових досліджень) для написання експериментальної частини кваліфікаційної роботи	6-й семестр	
3.3.	Підготовка загального варіанту кваліфікаційної роботи (розділ 1-3, висновки)	7-й семестр	
3.4.	Апробація результатів дослідження	За 40 днів до дати захисту	
4.	Перевірка роботи науковим керівником і допуск до попереднього захисту	За 35 днів до дати захисту	
5.	Перевірка кваліфікаційної роботи на унікальність	За 30 днів до захисту	
6.	Рецензування	За 15 днів до захисту	
7.	Попередній захист кваліфікаційної роботи	За 10 днів до захисту	
8.	Прилюдний захист кваліфікаційної роботи перед екзаменаційною комісією	Відповідно наказу ректора	

Керівник кваліфікаційної роботи \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_  
*підпис* *Ім'я, ПРІЗВИЩЕ*

Здобувач \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_  
*підпис* *Ім'я, ПРІЗВИЩЕ*

## ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1.	9
1.1 Урбанізація як фактор змін мікроклімату міських територій	9
1.2 Роль зелених насаджень у регулюванні теплового режиму	11
1.3 Основні деревні види, що використовуються для міського озеленення (на прикладі м. Суми)	13
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИНА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ	15
2.1 Вибір об'єктів дослідження та їх характеристика	15
2.2 Методика вимірювання мікрокліматичних параметрів	24
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	28
3.1 Температурний режим у різних типах деревних насаджень	30
3.2 Вплив щільності крони на рівень інсоляції та освітленості	42
ВИСНОВКИ	49
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	51
ДОДАТОК	55

## АНОТАЦІЯ

**Ващенко Д.О.** Вивчення впливу деревних насаджень на формування мікроклімату урбанізованих територій (на прикладі м.Суми). Кваліфікаційна робота на здобуття ступеня бакалавра за спеціальністю Садово-паркове господарство, Сумський національний аграрний університет, Суми, 2025

Урбанізація є глобальним процесом, що супроводжується значними змінами в навколишньому середовищі, зокрема у мікрокліматі міських територій. Однією з найважливіших проблем сучасних міст є перегрів, зменшення зелених насаджень та зростання теплового навантаження. У цьому контексті деревні насадження виступають важливим інструментом для регулювання теплового режиму, створення тіні, підвищення вологості повітря та поліпшення загального мікроклімату. Метою даної роботи є дослідження впливу дерев із різною щільністю крони на мікроклімат урбанізованих територій на прикладі міста Суми.

У ході дослідження було проаналізовано рівні освітленості та температурні характеристики під кронами семи деревних видів. Встановлено, що *Larix decidua* формує світлопроникне затінення з низькою затінювальною здатністю, тоді як *Picea abies*, *Thuja occidentalis* та *Ginkgo biloba* демонструють високий рівень притінення, особливо у центральній частині крони. *Aesculus hippocastanum* і *Acer platanoides* 'Globosum' забезпечують середню щільність тіні, що поєднує функціональність і естетику.

Температурні вимірювання показали, що наявність щільної крони знижує температуру повітря в середньому на 2–4 °С, а температура ґрунту й поверхневих покриттів під деревами є стабільно нижчою, ніж у відкритому просторі. Найбільшу ефективність у регулюванні температурного режиму продемонстрували дерева з густою кроною, а саме *Picea abies*, *Thuja occidentalis*, *Aesculus hippocastanum* та *Acer platanoides*.

Отримані результати підкреслюють доцільність широкого використання деревних насаджень для мікрокліматичного озеленення міських територій з метою зменшення ефекту «міських островів тепла» та покращення умов проживання населення.

**Ключові слова:** урбанізація, мікроклімат, зелені насадження, крона дерева, притінення, температура повітря, температура ґрунту, міське середовище.

## ABSTRACT

Vashchenko D.O. Study of the influence of tree plantations on the formation of the microclimate of urbanized areas (on the example of Sumy). Qualification work for a bachelor's degree in the Specialty 206 Horticulture. Sumy National Agrarian University, Sumy, 2025.

Urbanization is a global process accompanied by significant changes in the environment, particularly in the microclimate of urban areas. One of the most important problems of modern cities is overheating, reduction of green spaces, and increased heat load. In this context, tree plantings are an important tool for regulating the thermal regime, creating shade, increasing air humidity, and improving the overall microclimate. The purpose of this work is to study the influence of trees with different crown densities on the microclimate of urbanized areas using the example of the city of Sumy.

During the study, the light levels and temperature characteristics under the crowns of seven tree species were analyzed. It was found that *Larix decidua* forms light-transmitting shade with low shading capacity, while *Picea abies*, *Thuja occidentalis*, and *Ginkgo biloba* demonstrate a high level of shading, especially in the central part of the crown. *Aesculus hippocastanum* and *Acer platanoides* 'Globosum' provide medium shade density, combining functionality and aesthetics.

Temperature measurements showed that the presence of a dense crown reduces the air temperature by an average of 2–4 °C, and the temperature of the soil and surface coverings under the trees is consistently lower than in open spaces. The most effective trees for regulating temperature were those with dense crowns, namely *Picea abies*, *Thuja occidentalis*, *Aesculus hippocastanum*, and *Acer platanoides*.

The results obtained emphasize the advisability of widespread use of tree plantings for microclimatic greening of urban areas in order to reduce the effect of "urban heat islands" and improve living conditions for the population.

**Keywords:** *urbanization, microclimate, green spaces, tree canopy, shading, air temperature, soil temperature, urban environment.*

## ВСТУП

Актуальність досліджень. Урбанізація є глобальним процесом, що супроводжується значними змінами в навколишньому середовищі, зокрема у мікрокліматі міських територій. Підвищення температури повітря, утворення "островів тепла", зменшення кількості зелених насаджень та збільшення забруднення повітря є критичними проблемами сучасних міст. Зелені насадження відіграють важливу роль у регулюванні теплового режиму, зменшенні негативного впливу вітру, підвищенні вологості повітря та очищенні його від забруднень. Дослідження впливу деревних насаджень на мікроклімат міських територій є актуальним для розробки ефективних стратегій міського озеленення та створення комфортних умов для проживання населення.

Метою даної роботи є дослідження впливу деревних насаджень на мікроклімат урбанізованих територій на прикладі м. Суми.

Для досягнення поставленої мети були визначені наступні завдання:

1. Проаналізувати сучасний стан проблеми формування мікроклімату в урбанізованих територіях та роль деревних насаджень у його регулюванні.
2. Порівняти вплив дерев із різною щільністю крони на формування локального мікроклімату, визначити ступінь їх ефективності у зниженні температури

Об'єктом дослідження є міський мікроклімат. Предметом дослідження є вплив деревних насаджень на мікрокліматичні параметри в умовах урбанізованого середовища міста Суми.

У процесі дослідження були використані наступні методи: польові дослідження (вимірювання температури повітря, ґрунту та поверхневого покриття, рівня освітленості на дослідних ділянках); статистичний аналіз обробка та аналіз отриманих даних, формування статистичних показників; порівняльний аналіз, порівняння отриманих результатів з даними інших

досліджень у даній сфері; систематизація та узагальнення формування висновків та розробка рекомендацій на основі отриманих результатів.

Наукова новизна даного дослідження полягає в комплексному аналізі впливу різних типів деревних насаджень на мікроклімат міста Суми. Отримані результати дозволяють визначити найбільш ефективні види дерев та типи насаджень для формування комфортного мікроклімату в умовах конкретного міста, що має важливе значення для розробки стратегій сталого міського розвитку та адаптації до змін клімату.

Апробація результатів дослідження: Отримані результати роботи були презентовані на науково-практичній конференції викладачів, аспірантів та студентів Сумського НАУ. Було опубліковано тезу: Ващенко Д.О. Вплив деревних насаджень на формування мікроклімату урбанізованих територій. Матеріали науково-практичної конференції викладачів, аспірантів і студентів Сумського НАУ (14-18 квітня 2025 року). Суми: Сумський національний аграрний університет, 2025. 72 с.

Загальна характеристика змісту роботи: кваліфікаційну роботу викладено на 54 сторінках. Робота складається зі вступу, 3 розділів та висновків. Список джерел включає 34 найменувань.

## РОЗДІЛ 1

### ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ВПЛИВУ ДЕРЕВНИХ НАСАДЖЕНЬ НА МІКРОКЛІМАТ УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ

#### 1.1. Урбанізація як фактор змін мікроклімату міських територій

Урбанізація – це процес збільшення концентрації населення в містах, що супроводжується розвитком промисловості, інфраструктури та зміною соціально–економічних умов. Цей процес є глобальним і має значний вплив на навколишнє середовище, зокрема на мікроклімат. Глобальне потепління та загальні зміни клімату планети на початку 21 століття перетворюють помірні кліматичні умови влітку на міських територіях на умови зон південних посушливих регіонів, що визначає необхідність всебічного вивчення факторів, які впливають на формування теплового режиму мікроклімату міських територій і розробці архітектурно–планувальних принципів його регулювання. Зростання середньої глобальної температури, безперечно, спричиняє інтенсифікацію спекотних погодніх умов у окремих часових проміжках. Так звані хвилі тепла, що являють собою періоди аномально високих температур, які зберігаються протягом кількох днів на певній географічній території, у доіндустріальну епоху фіксувалися з середньою періодичністю приблизно один раз на сто днів. Натепер, в умовах підвищення глобальної температури вже приблизно на один градус Цельсія відносно доіндустріального рівня, частота виникнення подібних явищ зросла до п'яти разів на рік [19]. Прогнозується, що за подальшого потепління на два градуси Цельсія, кількість днів сягне двадцяти семи на кожні сто днів, що еквівалентно періоду тривалістю понад три місяці протягом календарного року.

«Острови тепла» – це метеорологічне явище, яке полягає в тому, що температура повітря у містах значно вища, ніж у навколишніх сільських районах. Навіть у межах одного міста можуть бути значні температурні

контрасти, іноді до 10°C і більше [25]. Найтепліші зони зазвичай знаходяться в центрі міста, де щільність забудови найвища. У містах природний ґрунт і рослинність замінюються на асфальт, бетон та інші будівельні матеріали. Ці матеріали мають більшу теплоємність, ніж природні, тому вони поглинають більше сонячної енергії та повільніше її віддають, що призводить до підвищення температури. Будинки та інші споруди перешкоджають вільному руху повітря, що сприяє накопиченню тепла. Особливо це відчувається у вузьких вулицях, де повітря майже не циркулює. Рослини мають властивість охолоджувати повітря завдяки процесу транспірації (випаровування води). У містах кількість зелених насаджень зазвичай менша, ніж у сільській місцевості, що також сприяє підвищенню температури.

Також в містах концентрація забруднюючих речовин у повітрі, таких як оксиди азоту, сірки, чадний газ та інші, зазвичай вища. Деякі з цих речовин можуть поглинати сонячне випромінювання та сприяти підвищенню температури.

Утворення «острівів тепла» можуть призвести до теплового стресу, особливо у літніх людей, дітей та людей з хронічними захворюваннями. Тепловий стрес може проявлятися у вигляді втоми, головного болю, запаморочення, нудоти та навіть теплового удару.

Забруднене повітря може сприяти розвитку захворювань дихальних шляхів, таких як астма та бронхіт. Високі температури можуть призвести до зменшення кількості кисню у воді, що може негативно вплинути на водні організми. Крім того, «острів тепла» може сприяти утворенню смогу, який також забруднює воду.

Створення парків, скверів та інших зелених зон допомагає знизити температуру повітря, зменшити забруднення та покращити якість води. Використання світловідбиваючих матеріалів для будівництва будівель та доріг допомагає зменшити поглинання сонячної енергії та знизити температуру повітря.

## 1.2. Роль зелених насаджень у регулюванні теплового режиму

Зелені насадження відіграють визначну роль у регулюванні теплового режиму міських територій. У містах середніх і південних широт літні температури спричиняють значне нагрівання дорожнього покриття, будівельних конструкцій та інших штучних елементів міського середовища, що формує так званий «острів тепла». Нагріті поверхні акумулюють тепло і повільно віддають його, що призводить до підвищення середньодобової температури повітря. Однак рослинні насадження здатні значно знизити цей ефект завдяки здатності зменшувати інтенсивність сонячного випромінювання, що сприяє зниженню температурного навантаження на довкілля та організм людини.

Тепловий градієнт між відкритими та затіненими ділянками суттєво залежить від виду насаджень і рівня їхньої щільності. Дерев з густою кроною можуть знижувати інтенсивність сонячного випромінювання, а їхнє альbedo перевищує показники міських будівельних матеріалів. Як наслідок, влітку температура повітря у затінку дерев може бути на 5 °C нижчою, ніж у затінку будівель. Озеленення фасадів, внутрішніх дворів та алей сприяє зменшенню локальної температури та створює комфортні умови для проживання.

Зелені насадження є важливим чинником збереження та підтримки оптимального рівня вологості міського повітря. Рослинний покрив інтенсивно випаровує вологу, що сприяє підвищенню відносної вологості повітря, зменшенню випаровування води з ґрунту і, відповідно, регулюванню температури. Наприклад, один квадратний метр газону може випаровувати до 200 г води на годину, а гектар лісу – до 4,5 тис. Тонн води за добу [30]. Це створює ефект природного кондиціонування повітря, знижуючи відчуття спеки. За даними гігієністів, підвищення вологості на 15 % сприймається організмом людини як зниження температури на 3,5 °C.

В урбанізованих районах, що позбавлені насаджень, рівень вологості нижчий на 15–18 % у порівнянні з приміськими лісами та на 8–12 % порівняно з парками і бульварами. Це свідчить про значний вплив озеленення на створення сприятливих мікрокліматичних умов та зменшення дискомфортних теплових відчуттів у міському середовищі [24].

Озеленені території суттєво впливають на циркуляцію повітря, зменшуючи негативний вплив вітру та сприяючи рівномірному розподілу повітряних мас. У лісових зонах швидкість вітру рідко перевищує 1 м/с, а в межах міських зелених насаджень вона зменшується втричі у порівнянні з відкритими територіями [29]. Використання вітрозахисних смуг дерев уздовж вулиць дозволяє пом'якшити пориви вітру та створити більш стабільний мікроклімат у житлових районах [13].

Повітряні потоки, сформовані внаслідок охолодження під пологом зелених насаджень, сприяють провітрюванню територій, зменшенню концентрації забруднюючих речовин та підвищенню рівня комфортності проживання.

Зелені насадження виконують низку екологічних функцій, що сприяють регулюванню теплового режиму міських територій, серед яких:

- зниження температури повітря завдяки ефекту альbedo і транспірації;
- покращення повітрообміну та зменшення негативного впливу вітру;
- підвищення вологості повітря і пом'якшення її добових коливань;
- зниження рівня шумового забруднення;
- очищення повітря від пилу та токсичних газів.

З метою ефективного впливу зелених насаджень на тепловий режим урбанізованого середовища доцільно створювати смуги озеленення шириною 25–50 м кожні 400–500 м. При цьому суттєвий ефект забезпечують саме великі за площею насадження, площа яких має відповідати нормативним вимогам (до 60 % території міста).

Зелені насадження є важливим компонентом регулювання теплового режиму міст. Вони сприяють зниженню температури повітря, покращенню вологості, оптимізації вітрового режиму та підвищенню рівня комфорту у міському середовищі. Озеленення територій дозволяє зменшити ефект «теплового острова», що особливо актуально в умовах зміни клімату. Отже, міське планування має зосереджуватися на розширенні площ озеленення та впровадженні природоорієнтованих заходів для покращення екологічного стану міських агломерацій.

Ефективність впливу зелених насаджень на температурний режим довкілля визначається низькою дендрологічних та просторових характеристик. Зокрема, склад деревних порід та загальна площа зелених зон відіграють ключову роль у здатності рослинності модифікувати мікроклімат. Найкраще захищають від теплової енергії деревні рослини, що характеризуються великою площею литкової поверхні та специфічним характером їх розташування у межах крони. Широкі низько розташовані крони виявляють вищу ефективність у затіненні поверхні землі ніж вульки та високо підняті крони.

### **1.3 Основні деревні види, що використовуються для міського озеленення (на прикладі м. Суми)**

Декоративні насадження, інтегровані в міський та сільський ландшафт, виконують багатогранний спектр екологічних та соціальних функцій. Окрім естетичного поліпшення архітектурного середовища та сприяння оптимізації культурно–дозвіллевої інфраструктури для населення, зелені насадження відіграють важливу роль у зниженні швидкості вітра, регулюванні температурного режиму приземного шару атмосфери, очищенні та зволоженні повітряного басейну, а також у зменшенні шуму. Створення та підтримка насаджень декоративних рослин у межах населених пунктів забезпечує формування оптимального середовища для рекреаційної

діяльності мешканців. Значна увага приділяється фітонцидній активності деревних рослин, оскільки саме від неї залежить рівень концентрації патогенних мікроорганізмів у повітряному середовищі.

На території Сумської області існує 168 територій та об'єктів природно–заповідного фонду, включаючи відділення Українського степового заповідника Михайлівську цілину, 10 заказників державного значення, 55 природних пам'яток (2 – державного значення), дендропарк, 19 парків–пам'яток садово–паркового мистецтва, 43 заповідних урочища. Сумська область характеризується комплексом сприятливих кліматичних чинників, а її природний ландшафт відзначається мальовничими береговими лініями численних річкових артерій та наявністю джерел питної води, що вирізняються цінними лікувальними та органолептичними властивостями. Лісові масиви становлять вагому складову рекреаційного потенціалу регіону. Найбільший інтерес у туристів викликають пам'ятки архітектури XVII–XIX ст. у м. Путивлі, садово–паркового мистецтва та архітектури у смт Кияниці, музеї – художній і декоративно–ужиткового мистецтва, будинок–музей Д. П. Чехова у м. Сумах, пам'ятки архітектури XVIII–XIX ст. у містах Ромни, Лебедин й Охтирка [12].

Висаджувати при озелененні вулиці необхідно в першу чергу деревні породи, що володіють морозостійкістю і посухостійкістю і мають глибоку кореневу систему.

Домінантними видами деревних рослин для м.Сум є: *Acer platanoides*, *Aesculus hippocastanum*, *Catalpa bignonioides*, *Populus nigra*, *Quercus robur*, *Salix alba*, *Sorbus aucuparia*, *Tilia cordata*, *Picea pungens*, *Thuja occidentalis* тощо. Загалом у місті налічується 20 видів дендрофлори. Переважає відділ *Magnoliophyta* родина *Sapindaceae*.

## РОЗДІЛ 2

### МЕТОДОЛОГІЯ ТА ПРОГРАМА ДОСЛІДЖЕННЯ

#### 2.1. Вибір об'єктів дослідження та їх характеристика

Досліджуваною територією став дендрарій сумського НАУ, який містить широкий видовий склад дерев і чагарників, у тому числі як місцеві, так і екзотичні види. Відсутність високої щільності забудови дає змогу аналізувати природні мікрокліматичні процеси без значних антропогенних перешкод.

Ялина звичайна – це дерево першої величини, що досягає висоти 30–50 метрів, а в окремих випадках – до 60 м більше. Стовбур прямий, колоноподібний, з коричневою або червонувато–коричневою корою, яка з віком розтріскується. Крона конусоподібна, густа, з гострою вершиною.

Ялина звичайна – тіньовитривала рослина, але краще розвивається на відкритих місцях. Морозостійка, витримує температури до  $-45^{\circ}\text{C}$ . Чутлива до забруднення повітря, особливо до діоксиду сірки.

На рис.1 представлені досліджувані екземпляри ялини звичайної (*Picea abies*) висотою близько від 5 до 20 м. Це відносно молоді дерева, що характеризуються густою, симетричною конусоподібною кроною, типовою для цього виду. Гілки ростуть кільцями, поступово зменшуючись у розмірі до верхівки, формуючи класичний силует ялини. Загальний вигляд ялини свідчить про їх задовільний санітарний стан.

Хвоя густа, темно–зелена, голчаста. Стовбур дерева прямий, рівний. Дерево на рис. 1А росте на відкритому просторі, тип посадки – солітер. Ялини на рис. 1Б були висаджені з метою створення алеї.

Модрина європейська – листопадне високе струнке хвойне дерево, яке широко використовується в декоративному озелененні Європи. В умовах міського середовища цей вид може ефективно впливати на формування мікроклімату завдяки своїм морфологічним та екологічним особливостям.

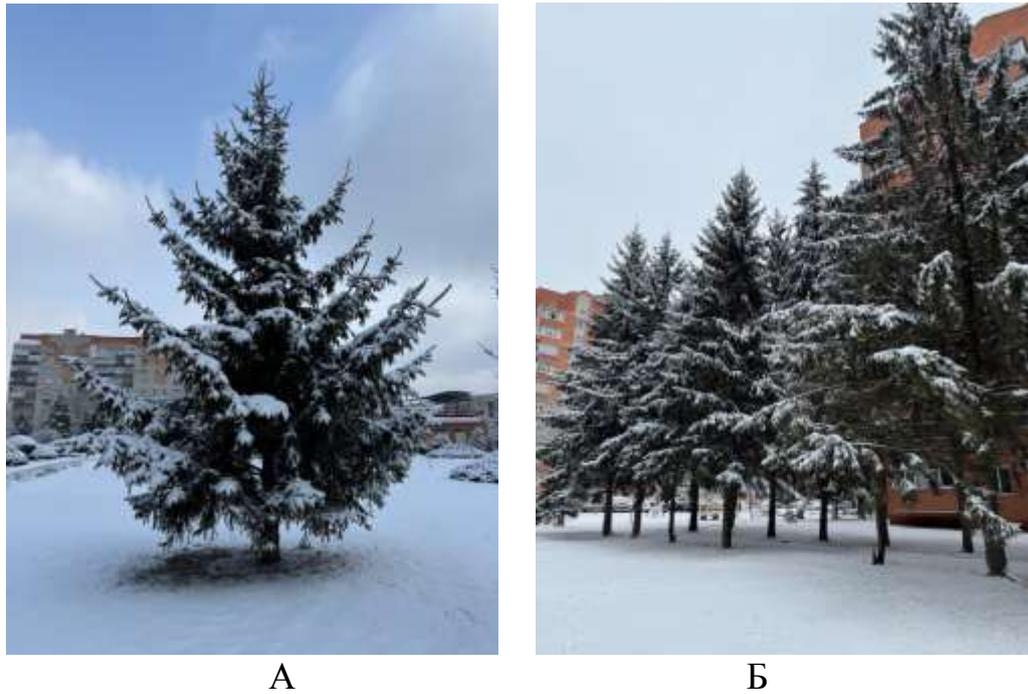


Рис. 1. Загальний вигляд ялини звичайної: А – солітер (СНАУ), Б – алейна посадка (СНАУ). Фото Ващенко Д.О.

Модрина європейська може досягати висоти до 50 м і більше при діаметрі стовбура до 1 м. Дерево має правильно сформовану вузько–конічну крону на ранніх стадіях розвитку, яка з віком може набувати розлогої неправильної форми. У розріджених насадженнях крони розлогі, а в зімкнутих – відносно вузькі та високо підняті. Головні гілки розташовуються горизонтально, що створює багаторівневу структуру крони.

Модрина європейська представлена на зображеннях 2.2 у вигляді рівномірних посадок, що утворюють алею. Висота дерев становить приблизно до 10 м. Деревина мають здоровий вигляд, про що свідчить їх симетрична форма, рівномірно розташовані гілки та відсутність видимих ознак захворювань або пошкоджень. Тип посадки – регулярний, рядовий, з чітким інтервалом між екземплярами, що забезпечує оптимальний простір для росту та розвитку кожного дерева. Це також сприяє рівномірному розподілу світла та повітря, що є важливим для здоров'я дерев та їх стійкості до несприятливих умов.



Рис. 2. Загальний вигляд модрини європейської (СНАУ). Фото Ващенко Д.О.

Туя західна – це однодомне вічнозелене хвойне дерево, рідше зустрічається у формі куща. На наданій фотографії (рис. 3) показано дорослий екземпляр туї західної, що росте в урбанізованому середовищі на відкритій ділянці поруч із будівлею та пішохідною доріжкою. Це дерево демонструє деякі характерні риси виду, адаптовані до умов вирощування.



Рис. 3. Загальний вигляд туї західної (СНАУ). Фото Ващенко Д.О.

Рослина має нетипову для молодих сортових екземплярів багатостовбурну форму, що може свідчити або про її вік, або про специфіку формування. Крона дерева розлога, асиметрична, ширококонічна, що відповідає опису дорослих дерев цього виду, крона яких з віком стає менш щільною та правильною.

За візуальною оцінкою, дерево перебуває у задовільному санітарному стані. Хвоя переважно насичено-зеленого кольору, щільна, що вказує на загальне здоров'я рослини. При детальному огляді можна помітити незначне пожовтіння або порідіння хвої на окремих ділянках, що може бути пов'язано з віковими змінами, сезонними факторами або реакцією на стресові умови міського середовища. Ознак серйозних уражень шкідниками чи хворобами на фото не виявлено.

Дерево росте на відкритій, добре освітленій сонцем ділянці, що є сприятливим для туї західної. Його розташування в межах озелененої зони біля будівлі та доріжки є типовим прикладом використання цього виду в міському ландшафтному дизайні.

На рис. 4 представлена рядова посадка гіркогокаштана звичайного. Гіркокаштан є одним з найпоширеніших видів дерев, що використовуються для створення алей та озеленення вулиць у містах України та Європи завдяки своїм великим розмірам, густій тінистій кроні та високій декоративності, особливо під час весняного цвітіння. Листопадне велике дерево до 25 м. висоти і 15–20 м. ширини, з широкою мальовничой густой і закритою кроною, нижні гілки з віком мальовничо звисають вниз. Вид стійкий до міських умов. Гіркокаштан відомий як декоративна рослина і дуже популярна рослина у фахівців з озеленення, за його високу декоративність невибагливість і газо- та пилюстійкість.



Рис. 4. Загальний вигляд модрини європейської (СНАУ). Фото Ващенко Д.О.

Дана посадка є прикладом розрідженої рядової схеми. Дерев висаджені в одну лінію, але зі значними інтервалами між ними. Відстань настільки велика, що крони сусідніх дерев не перетинаються і не зникаються. Це дозволяє кожному дереву максимально розвинути свою індивідуальну, потужну, широкоовальну або куполоподібну крону, характерну для гіркокаштана, що росте на відкритому просторі.

На рис. 4 зображені дорослі дерева, що видно з їх розмірів, діаметру стовбурів та об'єму крон. Листя на деревах густе, переважно зеленого кольору, формує щільний листковий покрив. Можна припустити наявність незначного пожовтіння або побуріння листя, що є характерним для гіркокаштана в цей період, особливо в міських умовах через вплив високих температур, можливої нестачі вологи або поширеного ураження каштановою мінуючою міллю.

Дерев ростуть уздовж асфальтованої дороги, на тлі трав'яного газону та інших зелених насаджень. Таке розташування є типовим для міського або паркового ландшафту. Розріджена рядова посадка гіркокаштанів створює ритмічну структуру в ландшафті та забезпечує значне затінення безпосередньо під кронами окремих дерев. Проте, через великі проміжки між

деревами, ефект суцільного затінення вздовж усієї лінії посадки та ступінь впливу на зниження швидкості вітру буде меншим порівняно з щільними алейними або груповими насадженнями. Тим не менш, кожне окреме дерево робить суттєвий внесок у локальне покращення мікроклімату та естетичне збагачення міського середовища.

Дуб звичайний ф. 'Fastigiata' – це листопадне дерево середньої величини, що характеризується повільним ростом. Гілки строго вертикальні, густо розгалужені, спрямовані вгору вздовж стовбура. Доросле дерево може досягати 15–20 м у висоту при відносно невеликій ширині крони – 3–4 м. Річний приріст становить приблизно 25 см у висоту та 10 см у ширину. За іншими біологічними характеристиками, такими як форма листя, вимоги до місця розташування (світлолюбний), типу ґрунту (віддає перевагу глибоким, родючим, помірно вологим ґрунтам, але може рости на різних) та загальними особливостями, форма 'Fastigiata' подібна до основного виду *Quercus robur*.

На рис. 5 зображено солітерну посадку дуба звичайного форми Fastigiata. Дерево росте окремо на відкритій ділянці газону, що дозволяє добре роздвитися його характерний габітус. Це молоде дерево, його висота орієнтовно становить 8 м, а ширина крони значно менша за висоту, що відповідає характеристикам сорту.

Дерево візуально виглядає здоровим, з густим зеленим листям. Солітерне розміщення цього дуба на відкритому просторі підкреслює його архітектурну форму та створює виразний вертикальний акцент у ландшафті, що повністю відповідає одному з основних призначень використання форми 'Fastigiata' в озелененні. Як солітер, таке дерево має локальний вплив на мікроклімат (затінення), але його основна цінність у даному випадку – естетична та композиційна.



Рис. 5. Загальний вигляд дуба звичайного форми 'Fastigiata': А – солітер (СНАУ), Б – алейна посадка (СНАУ). Фото Ващенко Д.О.

На рис. 6 представлений декоративний сорт клена, популярний у ландшафтному дизайні завдяки своїй регулярній кулястій кроні, яка природно формується без необхідності обрізки.



А

Б

Рис. 6. Загальний вигляд клена гостролисого: А – солітер (СНАУ), Б – алейна посадка (СНАУ). Фото Ващенко Д.О.

У щільній кроні охоче гніздяться птахи, що позитивно впливає на екосистему міських територій. Дерево росте повільно – річний приріст у висоту та ширину становить близько 15 см, доросла рослина досягає 6 м у висоту та 5–6 м у ширину. Часто вирощується на штабмі, що забезпечує однаковий рівень висоти у групових посадках і зручність у догляді.

На рисунку зображено рядову посадку дерев клена вздовж пішохідної зони, відокремленої від проїжджої частини декоративною металевою

огорожею та кам'яним цоколем. Деревя посажені з рівномірним інтервалом, що створює ефект упорядкованої зеленої лінії.

Кожне дерево має акуратно сформовану кулясту крону, яка з віком дещо сплющується, утворюючи щільний зелений покрив. Гілки добре розвинені, мають однорідну структуру, відсутні сухі або пошкоджені ділянки, що свідчить про хороший санітарний стан дерев. Кора стовбурів виглядає рівною, без механічних пошкоджень або ознак грибкових уражень. Відстань між кронами підібрана з урахуванням їхнього діаметра – гілки не перетинаються, але водночас достатньо близькі, аби утворити тіньову смугу. У загальному, дерева перебувають у відмінному доглянутому стані, відповідають сучасним принципам міського озеленення.

На рис. 6 (А) представлено солітерну посадку одного дерева клена, що виконує функцію декоративного домінанта в озелененні невеликої площі. Дерево розміщене на відкритій ділянці поруч із пішохідною доріжкою. Воно має розлогу, симетричну, кулясту крону з ідеальними пропорціями. Завдяки відсутності сусідніх дерев чи тіньових об'єктів, дерево максимально розкрило свою природну форму, демонструючи повний об'єм крони, яка майже сягає землі.

Санітарний стан дерева задовільний – стовбур рівний, без тріщин, наростів або слідів обрізання. Кора здорова, без ознак хвороб. Гілки розвинені рівномірно з усіх боків, листя (в теплий період року) густе, яскраве, без ознак ураження шкідниками чи нестачі поживних речовин.

На рис. 7 зафіксовано деревні насадження гінкго дволопатевого (*Ginkgo biloba*), висадженого у двох різних типах композицій: регулярна рядова посадка вздовж пішохідної зони та одиночна посадка в межах групового насадження, де гінкго зростає серед щільної масивної групи туй. Обидва варіанти демонструють екологічну адаптивність виду та його потенціал у формуванні сприятливого мікроклімату в умовах урбанізованого середовища. У першому випадку дерева молоді, рівномірно висаджені вздовж алеї, з прямим штамбом і чітко сформованими горизонтальними

скелетними гілками (рис 7А). Відстань між екземплярами дібрана грамотно, що забезпечує простір для майбутнього розвитку крон без надмірного затінення. Санітарний стан насаджень добрий – крона симетрична, пошкоджень кори не виявлено, механічних травм і хвороб не зафіксовано. Така регулярна посадка формує потужний бар'єр проти вітру, забезпечує поступове охолодження простору влітку, зменшуючи температуру повітря і поверхні ґрунту, а також позитивно впливає на рівень вологості повітря.

У другому випадку гінкго представлено в єдиному екземплярі, інтегрованому у групову посадку з домінуванням туй (рис. 7Б). Незважаючи на те, що посадка не є масивною, присутність гінкго в такому середовищі створює візуальний акцент і збагачує біоценотичну структуру ділянки. Дерево має ознаки доброї життєздатності – рівномірне розгалуження, здорову кору, відсутність ушкоджень та деформацій. Поєднання з туями сприяє формуванню багатоярусної структури насадження, яка ефективно регулює мікроклімат: знижує температуру повітря влітку, зменшує швидкість вітру і забезпечує захист підстилаючого середовища від пересихання та перегрівання.

Таким чином, гінкго білоба є винятково цінним видом для міського озеленення, здатним не лише адаптуватися до складних умов, але й активно покращувати мікроклімат, сприяти очищенню повітря, зменшенню шуму та створенню комфортного середовища для мешканців міста.

## **2.2. Методика вимірювання мікрокліматичних параметрів**

У процесі дослідження впливу деревних насаджень на формування мікроклімату урбанізованих територій було обрано мікрокліматичні та ґрунтознавчі методи, які дозволяють комплексно оцінити зміну мікрокліматичних параметрів у межах впливу фітогенного поля деревної рослинності.



А



Б

Рис. 7. Загальний вигляд гінго дволопатевого: А – алейна посадка (СНАУ),  
 Б – групова посадка (Сумський обласний спеціалізований диспансер  
 радіаційного захисту населення) . Фото Ващенко Д.О.

Методичне підґрунтя дослідження базується на працях провідних українських науковців, зокрема Гаредової О.М., Бровко О.Ф., Шиплат Т.І., Попович В.В., які займались вивченням фітогенного впливу дерев на мікроклімат у міському середовищі. Запропоновані ними підходи дозволили адаптувати методики до конкретних умов дослідження, зокрема до урболандшафту м. Суми.

З метою комплексної оцінки мікрокліматичного ефекту деревних насаджень були обрані наступні параметри:

Температура поверхні заощення – вимірювалася на асфальтованих та плиткових ділянках у межах тіні дерев і на відкритому сонячному місці. Це дозволяє встановити ефективність дерев у зменшенні теплового навантаження на міські покриття.

Температура ґрунту – вимірювалася у відкритому ґрунті в зоні тіні дерев та на контрольних відкритих ділянках. Показник є індикатором здатності рослинної намету до охолодження та збереження вологи в ґрунті.

Рівень освітленості – визначався за допомогою люксметра у межах різних частин тіні (суцільна тінь, напівтінь, межа тіні) для оцінки умов освітлення, які мають вирішальне значення для розвитку піднаметової рослинності та комфортності перебування людини. На рис. 8. Схематично представлено точки вимірювання основних досліджуваних показників експерименту.

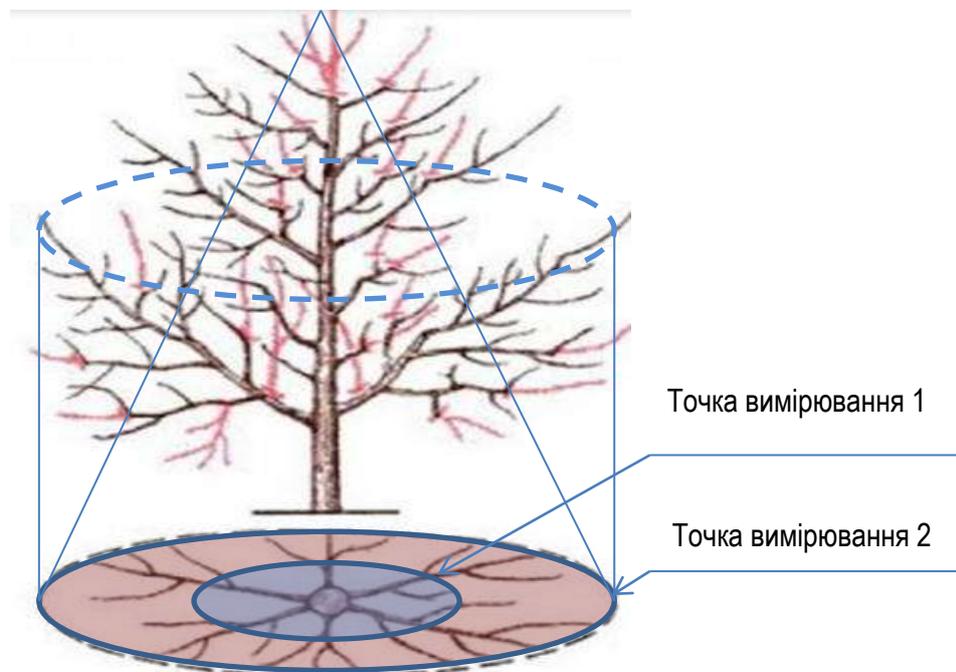


Рис. 8. Візуалізація місць відбору показників мікроклімату під наметом дерев

Усі параметри вимірювалися в однакових погодних умовах (безхмарна, суха погода), орієнтовно в однаковий час доби (між 12:00 та 13:00), що забезпечує порівнюваність отриманих даних.

Коефіцієнт притінення під кроною дерева – це відносна величина, яка показує, наскільки зменшується рівень освітленості під кроною порівняно з відкритим простором, який розраховується за формулою:

$$K_{\text{п}} = (1 - E_{\text{під кроною}} / E_{\text{відкрите небо}}) \times 100 \%,$$

де:  $E_{\text{під кроною}}$  – освітленість під кроною дерева, лк (lux)

$E_{\text{відкрите небо}}$  – освітленість на відкритій ділянці поблизу, лк

$K_{\text{п}}$  – коефіцієнт притінення, %

Значення  $K_{\text{п}} > 90\%$  свідчать про сильне затінення (густі крони, як у *Fagus sylvatica*, *Picea abies*).

Значення  $K_{\text{п}} = 50\text{--}70\%$  характерні для розріджених крон або молодих насаджень.

Інструменти для вимірювання – освітлювач (люксметр). Вимірювання мають проводитися в однаковий час доби (бажано в полудень) і в межах одного дня, щоб уникнути змін сонячної активності.

### РОЗДІЛ 3

## РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Зелені насадження, зокрема дерева з розгалуженою кроною, відіграють ключову роль у регуляції мікроклімату урбанізованих територій. Одним із найважливіших екологічних ефектів, що формуються під їх наметом, є пом'якшення температурного режиму та зміна освітленості. Ці зміни сприяють зниженню теплового навантаження на міське середовище, забезпечуючи термокомфортні умови для мешканців.

Багато досліджень свідчать, що температура повітря під кронами дерев у містах може знижуватись у середньому на 1–3 °C порівняно з відкритими територіями. Наприклад, за результатами роботи Rahman et al. (2020), під густою кроною дерев температура в денний період зменшувалась на 2,8 °C, що суттєво знижувало ризик перегріву міських поверхонь. Це явище пояснюється двома основними механізмами: першим є затінення, яке перешкоджає потраплянню прямої сонячної радіації на поверхню ґрунту та міської інфраструктури, другим – процес транспірації, завдяки якому відбувається випаровування води через листову поверхню, що супроводжується охолодженням навколишнього повітря.

Водночас характер температурних змін залежить від типу дерев, їх морфологічних особливостей, щільності листя, індексу листової поверхні (LAI), погодних умов та часу доби. Найбільше зниження температури фіксується у денний період, особливо між 11:00 і 17:00, коли інтенсивність сонячного опромінення є найвищою. У вечірні години або в умовах хмарності цей ефект знижується через зменшення теплового контрасту між відкритими та затіненими ділянками (Wang et al., 2022).

Формування локального мікроклімату під деревними насадженнями в містах залежить від багатьох чинників, серед яких домінуючу роль відіграють морфологічні особливості дерев, зокрема тип крони, щільність листяного або хвоевого покриву, сезонна мінливість фітомаси. Порівняння

впливу листяних і хвойних дерев на мікроклімат дозволяє глибше зрозуміти роль кожної групи у створенні сприятливого середовища для людини та урбанізованої біоти.

За результатами досліджень Rahman et al. (2020), під кронами листяних дерев у літній період температура повітря в денні години може знижуватись на 2,5–2,8 °C порівняно з відкритими територіями. Цей ефект обумовлений не лише затіненням, а й активною транспірацією через широку листкову поверхню, що сприяє охолодженню повітря. Листяні дерева, такі як липа дрібнолиста (*Tilia cordata*) або клен гостролистий (*Acer platanoides*), створюють щільну тінь у літній період, однак втрачають цю властивість восени, що зменшує їхню здатність до регуляції мікроклімату у холодну пору року.

Натомість хвойні породи, завдяки вічнозеленому хвоєвому покриву, забезпечують стабільний рівень затінення протягом усього року. Дослідження Wang et al. (2022) свідчать, що хоча хвойні дерева, зокрема *Picea abies* чи *Pinus sylvestris*, демонструють дещо менший ефект охолодження влітку (в межах 1,2–1,8 °C), вони компенсують це стабільністю мікрокліматичних умов у періоди міжсезоння та взимку. Крім того, хвоя, з огляду на її будову, затримує менше сонячної радіації, однак забезпечує сталий захист від вітру, що особливо важливо в умовах відкритих міських просторів.

Особливої уваги заслуговує рівень освітленості під кронами дерев. За даними Ye et al. (2020), листяні дерева в період повної листкової маси знижують рівень фотосинтетично активного випромінювання (PAR) на 85–95 %. Водночас у період листопаду інтенсивність світла під деревами зростає, що створює сприятливі умови для підліску або трав'яного покриву в осінньо-зимовий період. Хвойні ж дерева забезпечують рівномірне затінення протягом року, знижуючи PAR приблизно на 70–80 %, залежно від виду, віку насадження та просторової структури крони.

У дослідженні Shen et al. (2023) відзначено, що відносна вологість повітря під листяними деревами влітку зростає в середньому на 12–18 % порівняно з незатіненими ділянками, тоді як під хвойними – на 8–14 %. У той же час хвойні насадження більш ефективно знижують швидкість вітру протягом усього року, завдяки збереженню щільного хвоєвого екрану. Це особливо важливо в контексті захисту пішохідних зон від холодного зимового вітру.

Таким чином, листяні породи є більш ефективними у зниженні температури та формуванні глибокої тіні в літній період, натомість хвойні дерева забезпечують стабільність мікроклімату протягом року, створюючи м'який вологий мікросередовище з послабленим вітровим навантаженням.

Комбіноване використання листяних і хвойних дерев у міських ландшафтах дозволяє досягнути збалансованого мікрокліматичного ефекту впродовж року, що підтверджено дослідженнями Yilmaz et al. (2019), які зафіксували найвищий рівень комфортності під наметом змішаних насаджень.

За результати проведених нами досліджень були встановлені основні показники мікроклімату під наметом різних типів посадки листяних та хвойних видів деревних рослин у найбільш спекотні періоди літа.

### **3.1. Особливості режиму освітлення у підкрановому просторі різних видів дерев та типів посадок**

Показники вимірювання освітленості підкранового простору *Larix decidua* свідчать про рідку, світлопроникну крону. Тінь майже прозора. Завдяки невеликій щільності крони модрина ідеальна для створення легкого затінення, що сприяє аерації території та не пригнічує ріст рослин. Однак вона менш ефективна для охолодження у спеку (табл. 1).

Таблиця 1

Показники освітлення під кроною *Larix decidua* в умовах рядової посадки

Години вимірювання	Умови освітлення	Рівень освітлення, середні значення, лк			Коефіцієнт притінення (КП), %
		Відкритий простір	Середина тіньового кола крони	Край тіньового кола крони	
12:00 – 13:30	середнє, ясна погода	80000	8560	12080	87
	легка хмарність	42000	4700	10000	83
	середнє, ясна погода	75000	6300	7500	91
	середнє, ясна погода	75000	8700	9680	88
	максимум, ясна погода	85000	9600	18200	84
	легка хмарність	40000	8460	11080	76

Проведені вимірювання рівнів освітленості під кроною *Larix decidua* (модрини європейської) в умовах рядової посадки у денний період з 12:00 до 13:30 засвідчили наявність вираженого затінювального ефекту, характерного для даного виду. Значення освітленості в центрі тіньового кола крони коливалися в межах від 4700 до 9600 лк залежно від погодних умов та інтенсивності природного освітлення. Водночас на краю тіньового кола фіксувалися вищі значення – від 9680 до 12080 лк, що зумовлено меншою густиною крони на периферії.

Коефіцієнт притінення знаходився в межах від 76 % до 89 %. Найвищі значення КП були зафіксовані в умовах максимальної сонячної активності (85000 лк на відкритому просторі), коли освітленість у центрі тіні становила лише 9600 лк, що відповідає зниженню інтенсивності світла на 89 %. Це свідчить про високу здатність крони модрини ефективно затінювати простір у період пікової інсоляції.

В умовах легкої хмарності спостерігалось зниження загальної освітленості відкритого простору до 40000–42000 лк, при цьому освітленість під кроною залишалась відносно високою (4700–8460 лк), що зумовило

зменшення коефіцієнта притінення до 76–83 %. Цей показник ілюструє залежність глибини затінення від фону природного освітлення: при меншому контрасті між відкритим простором і підкровою зоною ефект затемнення візуально та інструментально слабшає.

Слід зазначити також відносну стабільність освітленості в центрі тіньового кола при однакових або близьких значеннях освітленості на відкритому просторі. Зокрема, при фіксованому значенні 75000 лк освітленість під кроною становила 8600–8700 лк, а коефіцієнт притінення варіював у межах 83–88 %. Це вказує на стабільні просторові властивості крон модрини при сталій інтенсивності інсоляції.

У цілому отримані результати дають підстави вважати *Larix decidua* породою, здатною формувати помірно до сильного притінення в літній період. Освітленість у підкровоному просторі в середньому становила 8–11 % від показників на відкритій території в центрі крони та 12–15 % – на її периферії. Така структура розподілу світла є типовою для листопадних хвойних дерев з пухкою кроною, що дозволяє створювати комфортне мікросередовище, не порушуючи при цьому світлового режиму на рівні трав'яного покриву.

Дослідження рівня освітленості під кроною *Picea abies* в умовах малої групової посадки показало високу затінювальну здатність цієї породи (табл. 2). Усі вимірювання проводилися в полуденний період (з 12:00 до 13:30), що відповідає максимальній інсоляції, а отже – найвищому контрасту між освітленими і затіненими ділянками.

Рівень освітленості на відкритому просторі змінювався в межах 40000–85000 лк залежно від погодних умов. У ясну погоду він досягав 80000–85000 лк, тоді як за умов легкої хмарності – знижувався до 40000–42000 лк. Натомість освітленість у центрі тіньового кола крони була значно нижчою – у межах 3400–10380 лк. Найменше значення (3400 лк) було зафіксовано в умовах легкої хмарності при загальній освітленості 42000 лк. Найбільше значення – 10380 лк – спостерігалось в умовах максимальної ясності при

освітленості відкритої ділянки 85000 лк. Освітленість на краю тіньового кола завжди була вищою, ніж у центрі, і становила 4600–17000 лк.

Таблиця 2

Показники освітлення під кроною *Picea abies* в умовах малої групової посадки

Години вимірювання	Умови освітлення	Рівень освітлення, середні значення, лк			Коефіцієнт притінення (КП), %
		Відкритий простір	Середина тіньового кола крони	Край тіньового кола крони	
12:00 – 13:30	середнє, ясна погода	80000	4130	8550	92
	легка хмарність	42000	3400	4600	90
	середнє, ясна погода	75000	5100	9000	91
	середнє, ясна погода	75000	6580	8120	90
	максимум, ясна погода	85000	10380	17000	84
	легка хмарність	40000	6140	8840	81

Коефіцієнт притінення коливався від 81 % до 92 %. Найвищий показник (92 %) спостерігався в умовах середньої ясної погоди, коли освітленість на відкритому просторі становила 80000 лк, а в центрі тіні — 4130 лк. Найнижчий КП (81 %) було зафіксовано при мінімальному рівні інсоляції – 40000 лк на відкритій ділянці. Це свідчить про те, що в умовах низької загальної освітленості затінювальна здатність крони в абсолютних величинах зменшується, однак у відносних показниках вона залишається стабільно високою.

У цілому ялина звичайна в груповій посадці демонструє високу ефективність формування тіні: у середньому КП становить 85–90 %. Це підтверджує, що густий хвоєвий намет цієї породи здатен значно знижувати надходження прямої і частково розсіяної сонячної радіації до приземного шару. Порівняння освітленості в центрі і на краю тіньового кола показує, що

ялина створює глибоку центральну тінь при більш плавному переході до півтіні на периферії, що відповідає структурі її пірамідальної крони.

Отримані результати є свідченням того, що *Picea abies* може використовуватись як ефективний елемент ландшафтного дизайну для створення постійного затінення у міських просторах, особливо в місцях, де необхідне послаблення надлишкової інсоляції та стабілізація мікроклімату. Висока щільність крони також свідчить про потенціал цього виду для фільтрації повітря та зменшення теплового навантаження в умовах урбанізованого середовища.

Дослідження рівня освітленості під кроною *Thuja occidentalis* у період найбільшої сонячної активності дозволяє оцінити затінювальну здатність цього виду в умовах малої групової посадки. Показники освітленості були зафіксовані при різних погодних умовах, що забезпечує повнішу картину реакції на зміну інсоляції (табл. 3).

Таблиця 3

Показники освітлення під кроною *Thuja occidentalis* в умовах малої групової посадки

Години вимірювання	Умови освітлення	Рівень освітлення, середні значення, лк			Коефіцієнт притінення (КП), %
		Відкритий простір	Середина тіньового кола крони	Край тіньового кола крони	
12:00 – 13:30	середнє, ясна погода	80000	5120	5960	93
	легка хмарність	42000	4150	4260	90
	середнє, ясна погода	75000	5310	6270	92
	середнє, ясна погода	75000	5540	6830	92
	максимум, ясна погода	85000	6420	7835	92
	легка хмарність	40000	6700	9720	79

Загальна освітленість на відкритому просторі коливалася в межах від 40000 до 85000 лк. У ясну погоду максимальні значення сягали 85000 лк, тоді

як за легкої хмарності знижувались удвічі – до 40000–42000 лк. Водночас, значення освітленості в центрі тіньового кола варіювалися в діапазоні 4150–6700 лк. Це становить близько 7–13 % від рівня освітлення на відкритій ділянці, що свідчить про наявність помітного, проте не надмірного затінення. На краю тіньового кола освітленість була дещо вищою – в межах 4260–9720 лк, залежно від умов.

Найвищий коефіцієнт притінення (93 %) був зафіксований у ясну погоду, коли інтенсивність освітлення на відкритому просторі досягала 75000–80000 лк. Це свідчить про те, що *Thuja occidentalis* має виражену здатність зменшувати інтенсивність світлового потоку, особливо в періоди максимальної інсоляції. У менш сприятливих умовах – за легкої хмарності – КП знижувався до 79 %, що цілком закономірно, адже розсіяне світло частіше проходить крізь проміжки в кроні.

Слід зазначити, що коефіцієнт притінення *Thuja occidentalis* має тенденцію до стабільності в межах 90–93 % при ясній погоді, що вказує на структурну щільність крони та вертикальну багатоярусність, притаманну цьому виду. Водночас дещо вища освітленість під наметом у порівнянні з *Picea abies* чи *Larix decidua* вказує на менш щільну фітомасу, що дозволяє певній частині світла проникати до нижнього ярусу.

Таким чином, *Thuja occidentalis* формує стабільну зону затінення в межах 80–93 % притінення, забезпечуючи зниження світлового навантаження в полуденний час. Це дозволяє розглядати її як ефективний елемент міських озелень, особливо для створення прохолодних декоративних композицій, живих огорож, куліс та шеренг з функцією мікрокліматичного захисту. Разом з тим, її притінення менш глибоке порівняно з ялиною, що відкриває можливості для часткового підсадження тіньовитривалих декоративних багаторічників або формування підліску.

Результати дослідження, проведеного в денний період, свідчать про значну затінювальну здатність *Ginkgo biloba* в умовах малої групової посадки.

Таблиця 4

Показники освітлення під кроною *Ginkgo biloba* в малої групової посадки

Години вимірювання	Умови освітлення	Рівень освітлення, середні значення, лк			Коефіцієнт притінення (КП), %
		Відкритий простір	Середина тіньового кола крони	Край тіньового кола крони	
12:00 – 13:30	середнє, ясна погода	80000	1885	2610	97
	легка хмарність	42000	1910	2330	95
	середнє, ясна погода	75000	2000	3410	96
	середнє, ясна погода	75000	1990	2880	97
	максимум, ясна погода	85000	2015	2500	97
	легка хмарність	40000	1945	2650	94

Наведені дані демонструють зміну рівня освітленості під наметом дерев за різних погодних умов, а також дають змогу оцінити стабільність тіньового ефекту цієї породи.

Рівень освітленості на відкритому просторі варіювався в межах 40000–85000 лк. У ясну погоду фіксувалися максимальні значення – 80000–85000 лк, тоді як за умов легкої хмарності освітленість знижувалася до 40000–42000 лк. У той же час значення освітленості в центрі тіньового кола *Ginkgo biloba* були стабільно низькими – від 1885 до 2015 лк, що становить лише 2–5 % від рівня освітленості відкритого простору. Це свідчить про винятково високу здатність листяної крони *Ginkgo biloba* ефективно затінювати простір у нижньому ярусі.

Край тіньового кола мав дещо вищі значення освітленості – 2330–2650 лк. Це очікувано, оскільки ближче до периферії крони послаблюється щільність листового покриву і збільшується проникнення бічного світла.

Коефіцієнт притінення (КП) упродовж усього періоду спостережень залишався стабільно високим – у межах 94–97 %. Максимальні значення (97 %) зафіксовано в умовах середньої ясної погоди та максимальної

інсоляції. У періоди легкої хмарності спостерігалось незначне зниження КП до 94 %, що зумовлено зменшенням загального контрасту між освітленими і затіненими ділянками через переважання дифузного світла.

Стабільність показників у різних погодних умовах, зокрема в межах рівня освітленості під кроною, свідчить про щільну, добре сформовану листову крону *Ginkgo biloba*, яка забезпечує рівномірне розсіювання світла і глибоку тінь у денний час. Така здатність затінення характерна для видів з віялоподібною структурою листка і широким наметом, як у гінкго.

Таким чином, *Ginkgo biloba* можна розглядати як ефективний елемент для формування стабільного мікроклімату в міських умовах. Його висока затінювальна здатність сприяє зниженню температури повітря поблизу ґрунту, зменшенню випаровування, збереженню вологості та створенню комфортних умов для перебування людей. Крім того, стабільний коефіцієнт притінення підкреслює потенціал цього виду для застосування в озелененні просторів, де необхідне інтенсивне екранування сонячного проміння без втрати декоративності.

Дані, наведені в таблиці 5, демонструють варіацію показників освітленості під кроною *Aesculus hippocastanum* в умовах одиночної посадки при різних типах інсоляції в полуденний період. Такі спостереження дозволяють оцінити світлорегульовальні властивості виду, що важливо для практики озеленення відкритих міських просторів.

Рівень освітленості на відкритому просторі змінювався від 40000 до 85000 лк. В умовах середньої ясної погоди він коливався в межах 75000–80000 лк, тоді як за легкої хмарності знижувався до 40000–42000 лк. Освітленість у центрі тіньового кола була значно нижчою – від 3690 до 5850 лк, що в середньому становить 7–9 % від показників відкритої ділянки. Найменше значення освітленості (3690 лк) спостерігалось при хмарній погоді, натомість найбільше (5850 лк) – при інтенсивному сонячному освітленні (85000 лк), що пояснюється вищим фоном загальної інсоляції.

Таблиця 5

Показники освітлення під кроною *Aesculus hippocastanum* в одиночній посадці

Години вимірювання	Умови освітлення	Рівень освітлення, середні значення, лк			Коефіцієнт притінення (КП), %
		Відкритий простір	Середина тіньового кола крони	Край тіньового кола крони	
12:00 – 13:30	середнє, ясна погода	80000	4100	9680	91
	легка хмарність	42000	3690	8570	85
	середнє, ясна погода	75000	5190	9890	90
	середнє, ясна погода	75000	4860	9475	90
	максимум, ясна погода	85000	5450	8900	92
	легка хмарність	40000	5850	9630	81

На краю тіньового кола крони рівень освітлення був вищим – у межах 8570–9800 лк. Така закономірність типова для дерев з розлогою кроною та відносно пухкою листовою структурою: у центрі тіні світло екранується краще, тоді як на периферії крони проникнення променів часткове.

Коефіцієнт притінення (КП) варіювався від 81 % до 93 %. Найвищі значення КП (91–93 %) були зафіксовані в умовах ясної погоди при максимальній або близькій до максимальної інсоляції (80000–85000 лк). Це вказує на високу здатність крони *Aesculus hippocastanum* ефективно знижувати надходження прямого світлового потоку. За легкої хмарності, коли переважає розсіяне світло, коефіцієнт притінення знижувався до 81–85 %. Така динаміка узгоджується з загальними закономірностями: при меншому контрасті між яскравістю неба та поверхнею під деревом затінювальний ефект у відсотковому відношенні послаблюється.

Таким чином, *Aesculus hippocastanum* формує тінь середньої щільності. У центрі тіньового кола рівень освітлення становить приблизно 7–10 % від відкритого простору, а коефіцієнт притінення – у межах 85–93 %. Ці значення свідчать про придатність даного виду для створення тимчасового

літнього затінення в міських умовах – на майданчиках, у зонах відпочинку, біля пішохідних доріжок. Водночас відносно висока освітленість на краю тіні (до 9800 лк) дозволяє поєднувати одиночні дерева з газонними або підсадженими декоративними культурами, що потребують помірного світла.

Таблиця 6

Показники освітлення під кроною *Acer platanoides* 'Globosum' в одиночній посадці

Години вимірювання	Умови освітлення	Рівень освітлення, середні значення, лк			Коефіцієнт притінення (КП), %
		Відкритий простір	Середина тіньового кола крони	Край тіньового кола крони	
12:00 – 13:30	середнє, ясна погода	80000	4100	9680	91
	легка хмарність	42000	3690	8570	85
	середнє, ясна погода	75000	5190	9890	90
	середнє, ясна погода	75000	4860	9475	90
	максимум, ясна погода	85000	5450	8900	92
	легка хмарність	40000	5850	9630	81

Отримані результати вимірювань свідчать про стабільну затінювальну здатність *Acer platanoides* 'Globosum' (клен гостролистий, форма кулеподібна) в умовах одиночної посадки в полуденний період. Проведення спостережень за різних типів погоди дозволило простежити особливості формування мікроклімату під кроною цього виду.

Згідно з таблицею, рівень освітленості на відкритому просторі змінювався від 40000 до 85000 лк. Найвищі значення були зафіксовані за умов максимально ясної погоди (85000 лк), а найнижчі – при легкій хмарності (40000–42000 лк). Усі вимірювання проводилися у стандартний для інсоляційного піку період – з 12:00 до 13:30.

Освітленість у центрі тіньового кола крони *Acer platanoides* 'Globosum' становила 3690–5850 лк, що відповідає близько 7–10 % від рівня зовнішньої

освітленості. Це свідчить про достатньо виражений затінювальний ефект у центральній частині крони. Найменше значення (3690 лк) було зафіксовано в умовах легкої хмарності при фоновій освітленості 42000 лк, тоді як найбільше (5850 лк) при інтенсивному сонячному випромінюванні (85000 лк).

На краю тіньового кола крони освітленість перебувала в межах 8570–9680 лк, що є типовим для дерев із щільною, але компактною кулеподібною кроною. Така структура сприяє створенню рівномірного затінення всередині проєкції крони з поступовим ослабленням ефекту до периферії.

Коефіцієнт притінення (КП) коливався в межах 85–92 %. Найвищі значення (91–92 %) спостерігалися за умов максимальної або середньої ясної погоди, що свідчить про ефективне екранування прямої сонячної радіації щільним листовим наметом. У період хмарності КП знижувався до 85 %, що є природною реакцією на підвищену частку дифузного освітлення, яке легше проникає крізь крону.

Отже, *Acer platanoides* 'Globosum' в одиночній посадці формує добре виражену зону затінення. Середня освітленість у центрі тіні становить близько 8–9 % від зовнішньої, а коефіцієнт притінення коливається в межах 85–92 %. Така здатність до стабільного затінення дозволяє ефективно використовувати цей декоративний культивар у міських умовах – зокрема, для озеленення площ, скверів, дитячих майданчиків та дворів, де необхідне формування компактної, естетично привабливої, але функціональної тіні. Крім того, завдяки обмеженим розмірам крони, цей вид не створює надмірного затемнення, що дозволяє зберігати під ним газон або супровідні посадки тіньовитривалих видів.

На основі узагальнених даних, поданих у графіку (рис. 9), можна зробити висновок про різний ступінь затінювальної здатності досліджуваних деревних видів, яка оцінюється за середнім коефіцієнтом притінення.

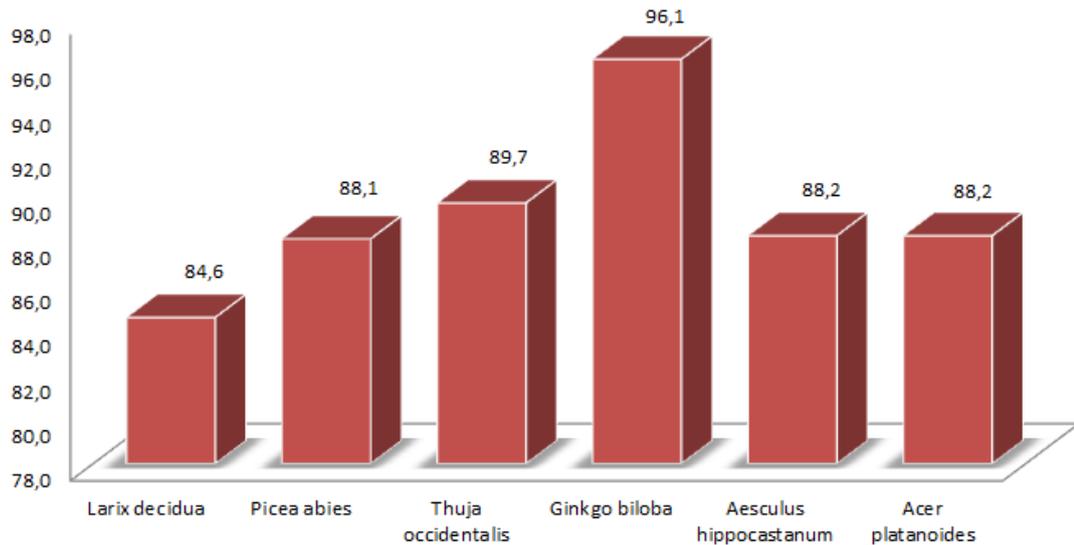


Рис. 9. Середні значення коефіцієнта притінення кронами досліджуваних видів. %

Найвищий рівень затемнення створює *Ginkgo biloba*, під наметом якого середній коефіцієнт притінення становить 96,1 %. Такий показник свідчить про виняткову щільність листового покриву та ефективність у блокуванні сонячного випромінювання. Цей вид є найкращим вибором для формування глибокої тіні в умовах міського середовища, зокрема у місцях підвищеної рекреаційної активності, де важливим є захист від перегріву та яскравого світла.

Високими, хоч і дещо нижчими показниками притінення відзначаються *Thuja occidentalis* (89,7 %), *Aesculus hippocastanum* (88,2 %), *Acer platanoides* (88,2 %) та *Picea abies* (88,1 %). Ці породи формують стабільну середньощільну тінь, достатню для створення комфортного мікроклімату у парках, дворах та уздовж пішохідних алей. Завдяки відносно сталим значенням коефіцієнта притінення впродовж різних погодних умов, вони можуть бути використані для формування як одиночних посадок, так і лінійних чи групових композицій.

Найнижчий середній показник має *Larix decidua* — 84,6 %, що вказує на менш щільний намет і відносно високу проникність крони для світла. Це робить модрина доцільною для тих випадків, коли потрібне помірне

притінення з можливістю розвитку підліску або трав'яного покриву. У ландшафтному дизайні вона більше підходить для композицій зі змінним світловим режимом або для комбінованих посадок.

Таким чином, представлені види демонструють широкий спектр здатності до формування тіньового мікроклімату – від помірного до щільного. Вибір конкретного виду має ґрунтуватися на функціональному призначенні зелених насаджень, вимогах до освітленості та умовах зростання.

### **3.2. Особливості температурного режиму у підкрановому просторі різних видів дерев та типів посадок**

Крона дерев відіграє важливу роль у формуванні температурного режиму як повітря, так і ґрунту. Завдяки густому листяному покриву, крона створює природне затінення, яке зменшує надходження сонячного випромінювання на поверхню землі. Це, в свою чергу, знижує температуру повітря в тіні під деревом, іноді на кілька градусів у порівнянні з відкритими просторами. Такий ефект особливо помітний у спекотні дні, коли дерева створюють приємний прохолодний мікроклімат.

Крона також значною мірою впливає на температурний режим ґрунту. У денний час затінення запобігає надмірному нагріванню верхнього шару ґрунту, тоді як уночі листяна маса зменшує тепловіддачу, завдяки чому ґрунт повільніше охолоджується. Це сприяє зменшенню добових коливань температури, створюючи стабільніше середовище для розвитку кореневої системи рослин та ґрунтових мікроорганізмів.

Крім того, дерева здійснюють транспірацію – процес випаровування вологи через листя. Це не лише сприяє охолодженню повітря навколо, але й підвищує його вологість, що позитивно впливає на загальний мікроклімат. Усе це робить крону дерева важливим природним регулятором температури та вологості, особливо у міських умовах.

Результати спостережень, в рамках проведених нами досліджень, представлені на графіках (рис. 10–16).

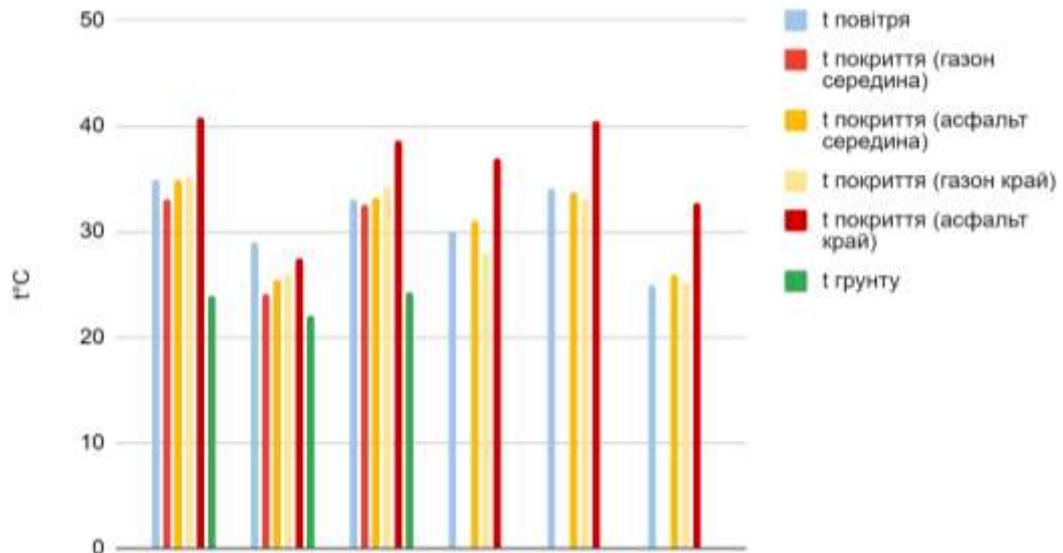


Рис. 10. Показники температури під кроною *Larix decidua*

Під кроною *Larix decidua* спостерігається загальне зниження температурних показників у порівнянні з відкритими просторами, як показано на графіку 10. Найвища температура характерна для асфальтового покриття на краю, але її значення дещо нижчі, ніж у відкритому середовищі – приблизно 39–41 °С. Газон і ґрунт залишаються найпрохолоднішими покриттями. Температура ґрунту стабільно нижча – на рівні 24–26 °С, що свідчить про ефективний захист завдяки затіненню крони. На поверхні газону фіксували нижчі температури порівняно з асфальтом. Також видно, що температура повітря знижується під кроною дерева — вона тримається в межах 30–34 °С, що на кілька градусів нижче, ніж у відкритому просторі.

На рис. 11 зображено температурні показники під кроною *Picea abies*. Графік демонструє значення температури повітря, газонного покриття (в центрі й на краю) та ґрунту. Під кроною ялини температурні показники в цілому нижчі, ніж у відкритому середовищі, що свідчить про ефективне затінення, характерне для густої крони хвойних дерев.

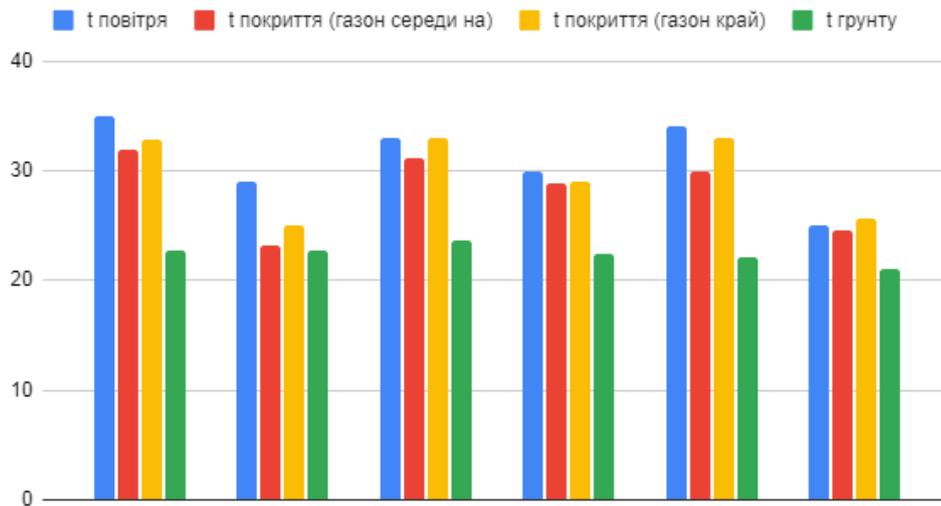


Рис. 11. Показники температури під кроною *Picea abies*

Температура повітря стабільно тримається на рівні близько 30–33 °С, що трохи нижче середніх значень на попередніх графіках. Це свідчить про мікрокліматичну стабільність під крилатою кроною ялини. Газон у центрі та на краю тіньового кола демонструють близькі температурні значення — 28–32 °С, з тенденцією до невеликого підвищення ближче до краю, де затінення слабше. Ґрунт залишається найпрохолоднішим – близько 23–25 °С, що є типовим для затінених ділянок, де сонячне випромінювання майже не проникає крізь густу хвою.

На рис. 12 зображено температурні показники під кроною *Thuja occidentalis*, що ілюструє її вплив на мікрокліматичні умови в зоні затінення.

Найвища температура спостерігається у зоні газонного покриття на краю тіньового кола – близько 33–35 °С. Це пояснюється меншою щільністю затінення на периферії крони. Температура повітря коливається від 29 до 33 °С, що свідчить про помірне охолодження повітря завдяки присутності тіні. Газон у центрі має дещо нижчу температуру – близько 30–32 °С, тобто туя зменшує прогрів газону там, де затінення найбільш повне.

Температура ґрунту залишається найнижчою серед усіх вимірюваних значень – близько 22–24 °С. Це свідчить про хороші теплоізоляційні властивості ґрунту під густою кроною туї.



Рис. 12. Показники температури під кроною *Thuja occidentalis*

На рис. 13 наведено температурні показники під кроною *Ginkgo biloba*. Найвищі температури фіксуються на поверхні ґрунту на краю крони – до 35–36 °С, що пояснюється слабшим затіненням на периферії.

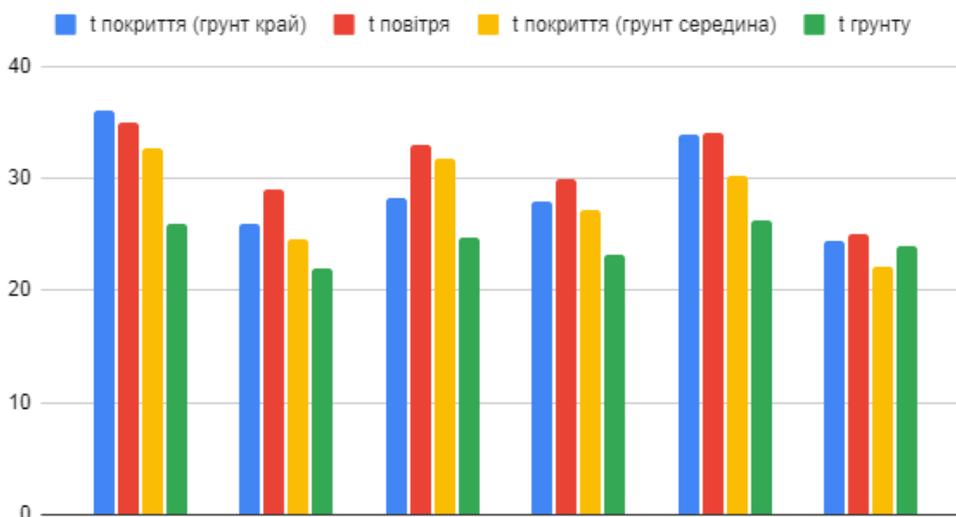


Рис. 13. Показники температури під кроною *Ginkgo biloba*

Температура повітря під кроною в середньому становить 29–33 °С, що вказує на певне охолодження повітря під кроною, хоча воно менш виражене, ніж під хвойними видами. Центр ґрунтового покриття має дещо нижчу температуру приблизно 28–31 °С, що свідчить про помірне затінення в

центральної частині крони. Ґрунт демонструє найнижчі температурні значення – в межах 22–24 °С, що підтверджує здатність крони *Ginkgo biloba* зменшувати перегрівання ґрунту.

На рис. 14 зображено температурні показники під кроною *Aesculus hippocastanum* повітря, ґрунту та газонного покриття в центрі й на краю зони затінення.

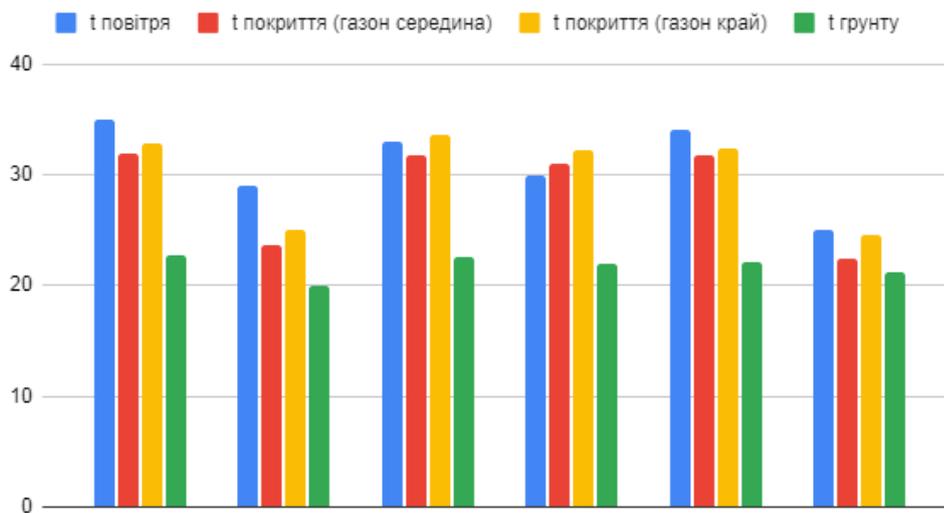


Рис. 14. Показники температури під кроною *Aesculus hippocastanum*

Температура повітря стабільно тримається на рівні 30–34 °С, тобто крона каштана створює помірне затінення, що дещо знижує нагрівання повітря. Газон у центрі і на краю тіньового кола демонструють подібні показники – приблизно 30–34 °С, із невеликим підвищенням на краю. Це вказує на відносно рівномірний розподіл тіні завдяки широкій кроні. Температура ґрунту найнижча – 22–24 °С, що відповідає очікуванням для щільно затіненого середовища, в якому зменшується сонячне нагрівання.

На рис. 15 подано температурні показники під кроною *Acer platanoides*. Найвищі температури спостерігаються на асфальтовому покритті по краю крони – до 37–38 °С, що свідчить про менший вплив крони в крайових ділянках, особливо над твердими поверхнями. Газон як у центрі, так і на

краю прогрівається слабше – в межах 29–33 °С, із дещо нижчими значеннями у центрі, що свідчить про захисну роль щільного листяного полог.

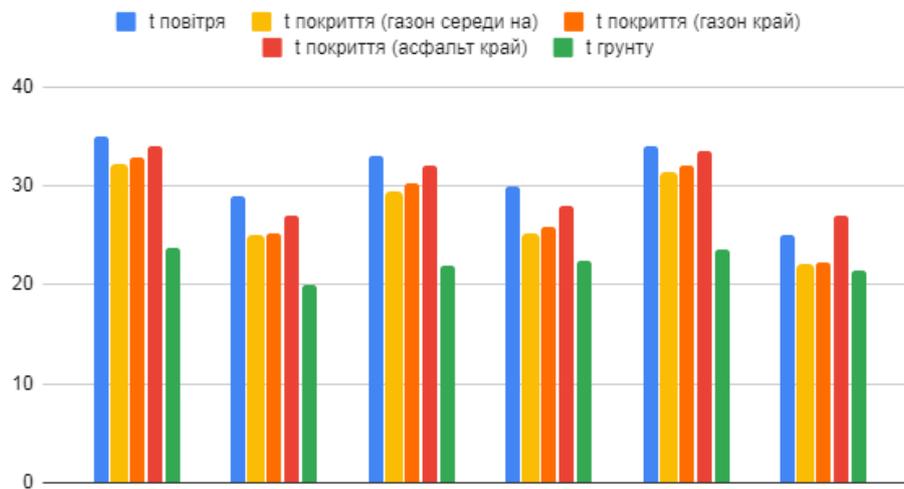


Рис. 15. Показники температури під короною *Acer platanoides*

Температура повітря зберігається в діапазоні 30–34 °С, що є типовим для листяних дерев із помірним затіненням.

Ґрунт залишається найпрохолоднішим – 20–24 °С, що підтверджує ефективність крони клена у зменшенні сонячного нагрівання поверхні під деревом.

В цілому, аналіз температурних показників під кронами різних деревних порід свідчить про виразний вплив крон на формування мікроклімату. Найвищі температури виявлено на асфальтових покриттях, особливо по краях дерев, де затінення менш ефективне. У деяких випадках температура там перевищувала 40 °С. Це пов'язано з високою теплопровідністю твердого покриття та недостатнім охолоджувальним ефектом крони в периферійній зоні.

Натомість газонне покриття має значно нижчі температури, особливо в центральній частині під деревом. Там температура зазвичай на 3–5 °С нижча, ніж на асфальті. Це свідчить про те, що жива рослинність, поєднана з тінню, ефективно зменшує нагрів поверхні. Температура повітря під кронами теж

нижча порівняно з відкритими ділянками – у середньому на 2–4 °С, залежно від щільності крони та породи дерева. Найкраще охолодження забезпечують хвойні дерева, такі як *Picea abies* та *Thuja occidentalis*, завдяки густій, всесезонній кроні. Подібну ефективність демонструють і широколисті дерева з масивною кроною, наприклад *Aesculus hippocastanum* та *Acer platanoides*.

Температура ґрунту стабільно залишалася найнижчою серед усіх вимірювань – у межах 20–25 °С. Це підтверджує важливу роль дерев у теплоізоляції ґрунту, особливо у щільно затінених зонах. Саме під такими деревами ґрунт менше перегрівається й забезпечує сприятливіші умови для збереження вологи та біорізноманіття.

Таким чином, крони дерев є надзвичайно важливими для зниження температур у міському середовищі. Найефективніше себе проявляють дерева з густою та широкою кроною, які здатні охолоджувати повітря, зменшувати температуру поверхневих покриттів і стабілізувати температурний режим ґрунту. Це робить їх ключовими елементами у боротьбі з ефектом міського теплового острова та кліматичним дискомфортом у літній період.

## ВИСНОВКИ

Результати проведеного дослідження дозволяють зробити наступні висновки:

1. Найвищу прозорість крони продемонструвала *Larix decidua*, яка формує легке, світлопроникне затінення з освітленістю до 15 % від рівня відкритого простору. Такий тип затінення сприяє природній вентиляції та розвитку трав'яного покриву, проте менш ефективний у запобіганні перегріву. Натомість хвойні дерева, зокрема *Picea abies* і *Thuja occidentalis*, мають щільні, багаторусні крони, які здатні знижувати рівень освітлення до 7–13 % від зовнішнього фону, створюючи глибоку й стабільну тінь. Особливо виражене затемнення спостерігалось під *Ginkgo biloba*, де освітленість у центрі тіні сягала лише 2–5 %, що свідчить про найвищу затінювальну здатність серед досліджуваних видів.

2. Широколистяні дерева, такі як *Aesculus hippocastanum* і *Acer platanoides* 'Globosum', демонструють середньощільне затінення з коефіцієнтом притінення у межах 85–93 %. Вони створюють комфортну півтінь, яка добре підходить для зон відпочинку і ландшафтних рішень з поєднанням декоративного та функціонального навантаження.

3. Температурні спостереження підтвердили, що наявність крони істотно знижує температуру як повітря, так і поверхневих покриттів та ґрунту. Найвищі температури реєструвалися на асфальтовому покритті в крайових зонах крон, де затінення найменше, а поверхня має високу теплопровідність. Газонне покриття прогрівається значно менше, особливо у центральній частині під деревом, де температура в середньому на 3–5 °С нижча, ніж на асфальті. Повітря під кронами має нижчу температуру на 2–4 °С порівняно з відкритими ділянками, що формує сприятливі умови перебування людини у спекотний період.

4. Найбільш ефективними у зниженні температури виявилися дерева з густою та всесезонною кроною: *Picea abies*, *Thuja occidentalis*, а також

широколистяні з масивним листовим пологом, зокрема *Aesculus hippocastanum* і *Acer platanoides*. Температура ґрунту під їх кронами була найнижчою – в межах 20–25 °С, що свідчить про виражений теплоізоляційний ефект і стабілізацію ґрунтового мікроклімату.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Білоконь Ю.М. Регіональне планування. Теорія і практика. Київ. Логос. 2003. 246 с
2. Горб А. С., Дук Н. М. Клімат Дніпропетровської області : монографія. Д. Вид-во ДНУ. 2006. 204 с.
3. ДБН 360-92. Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень. [Чинний від 17.04.1992] URL: [http://www.dnaop.com/html/29810/doc\\_360-92](http://www.dnaop.com/html/29810/doc_360-92) (дата звернення: 20.10.2024).
4. Денисюк Н. Аналіз стану зелених насаджень Парку молоді міста Рівне. Науковий вісник Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки. 2018. № 8. С. 33–39.
5. Денисюк Н. В., Мельник В. Й. Оцінювання фітомеліоративної ролі зелених насаджень парків і скверів північного району міста Рівне. Науковий вісник НЛТУ України. 2020. Т. 30. № 2. С. 38- 43.
6. Закон України «Про планування і забудову територій» від [Чинний від 17.02.2011]. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/1699-14>(дата звернення: 7.11.2024).
7. Заставецький Т.Б. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції. Головні риси сучасних урбанізаційних процесів у агропромислових регіонах України «Суспільногеографічні проблеми розвитку продуктивних сил України». 20-21 квітня 2004 року. 296 с.
8. Іванченко О. Є. Інвентаризація та оцінка стану деревних насаджень парку ім. Калініна м. Дніпропетровськ. Питання біоіндикації та екології. 2013. Вип. 18. № 2. С. 211–226.
9. Іванченко О. Є., Бессонова В. П. Аналіз дендрофлори насаджень Молодіжного парку м. Дніпропетровськ. Науковий журнал Полтавського національного педагогічного університету ім. В. Г. Короленка. 2015. Т.1, № 1. С. 20–32.

10. Ключниченко Є. Є. Соціально-економічні основи планування та забудови міст. Укр. акад. архіт. Київ. 1999. 348 с.
11. Копієвська О. Р. *Підручник. Паркова індустрія*. Київ. НАКККіМ. 2015. 208 с.
12. Копій М. Л., Копій С. Л., Гончар В. М. та ін. Фітомеліоративна роль рослинного покриву у відтворенні девастрованих земель в межах сірчаних розробок Західного Лісостепу: монографія. Рівне. НУВГП. 2019. 230 с.
13. Кучерявий В.П. Озеленення населених місць : підручник. Львів. Світ. 2005. 456 с
14. Кучерявий В. П. Урбоекологія. Львів. Світ 1999. 346 с.
15. Ломоносов Д. Оцінка ступеню урбанізації в регіонах України. Економіст. 2010 –№7 С. 30-33. 27.
16. Мельничук Н. Я., Генік Я. В. *Топокліматичні особливості садово-паркових композиційних груп у парках міста Львова*. Науковий вісник НЛТУ України. 2019, т. 29, № 7. С. 108–111.
17. Мусієнко М. М. Екологія. Охорона природи : словникдовідник. К. Т-во Знання. КОО. 2002. 550 с.
18. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2015 році. Київ. 2017. 308 с.
19. Подколзін М. М. Зелені насадження як фактор пом'якшення наслідків явища теплового забруднення міського середовища. Промислова ботаніка: стан і перспективи розвитку: матеріали VI міжнародної конференції, Донецьк, 4–7 жовтня, 2010р. Донецьк, 2010. С. 368
20. Alonzo, M., Bookhagen, B., & Roberts, D. A. Urban tree species mapping using hyperspectral and lidar data fusion. *Remote Sensing of Environment*. 2014. 148. P. 70–83.
21. Cleugh NA Effects of windbreaks on airflow, microclimates and crop yields. 1998. *Agrofor Syst.*41. P. 55–84

22. Genik, Ia. V. Kriterii otciniuvannia effektivnosti fitomelioratsii porushenykh ekosystem. Scientific Bulletin of UNFU. 2013. 23. P 90–94.
23. Georgi, N., Tzesouri, A. Monitoring Thermal Comfort in Outdoor Urban Spaces for Bioclimatic Conditions Environment. 1st WSEAS International Conference on landscape architecture. Algarve. Portugal. 2008. P. 98–103.
24. Herrington, L.P., Vittum, J.S. Human Thermal Comfort in Urban Outdoor Spaces. Proceedings of the conference on metropolitan physical environment, Upper Darby, PA, 2009. USA. P. 130-138.
25. Johnsen I., Sochting U. Influence of air pollution on the epiphytic lichen vegetation and bark properties of deciduous trees in the Copenhagen area. Oikos. 1973. № 25. P. 344- 351.
26. Long JN, Dean TJ, Roberts SD Linkages between silviculture and ecology: examination of several important conceptual models. 2004 For Ecol Manage 200. P. 249–261.
27. Mearns, R. and A. Norton. Social Dimensions of Climate Change: Equity and Vulnerability in a Warming World, World Bank, Washington, DC. 2010.
28. Mosyakin, S. L., & Fedoronchuk, M. M. Vascular Plants of Ukraine: A nomenclatural Checklist.1999. Kyiv. 345 p.
29. Parfenyuk T. A., Martsinevskaya L.V., Strakhova K. A. the role of green spaces in improving the environmental conditions of cities and towns. International Journal of Humanities and Natural Sciences. 2021. № 5-2. C. 36-38.
30. Peper P.J., McPherson E.G. Evaluation of four methods for estimating leaf area of isolated trees. Urban For. Urban Green, 2003. P 19–29.
31. Rabiatal, A. N., Sabarinah, S. A., Azni Z. A. Adaptive Outdoor Thermal Comfort at an Urban Park in Malaysia. Journal of Asian Behavioural Studies. 2013. P. 1–15.
32. Rakov, A. Iu. Fitomelioratsiia – fundamentalnoe sredstvo. Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal, 1(43). 2016. part 2, 107-108. URL: <https://doi.org/10.18454/IRJ.2016.43.107>

33. Sanczuk, P., De Lombaerde, E., Haesen, S., Van Meerbeek, K., Luoto, M., Van der Veken, B., Van Beek, E., Hermy, M., Verheyen, K., Vangansbeke, P., & De Frenne, P. Competition mediates understorey species range shifts under climate change. *Journal of Ecology*. 2022. 110(8). P. 1813– 1825.

34. Zellweger, F., Coomes, D., Lenoir, J., Depauw, L., Maes, S. L., Wulf, M., Kirby, K. J., Brunet, J., Kopecký, M., Máliš, F., Schmidt, W., Heinrichs, S., den Ouden, J., Jaroszewicz, B., Buyse, G., Spicher, F., Verheyen, K., & Frenne, P. D. Seasonal drivers of understorey temperature buffering in temperate deciduous forests across Europe. *Global Ecology and Biogeography*, 2009. 28(12) P. 1774– 1786.

## ДОДАТОК