

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

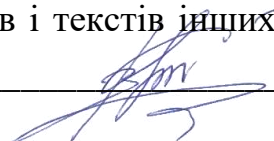
ОРЛОВСЬКИЙ ОЛЕКСІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ

УДК 595.7: 632.7

ДИСЕРТАЦІЯ
**ЖИТТЄВИЙ СТАН ДЕРЕВ В УРБОЦЕНОЗАХ М. ПОЛТАВА
РІЗНОГО РІВНЯ АНТРОПІЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ**
спеціальність 091 Біологія та біохімія

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело


_____ (О.В. Орловський)

Науковий керівник: Дерев'янка Тетяна Василівна
кандидат біологічних наук, доцент

Полтава – 2025

АНОТАЦІЯ

Орловський О.В. Життєвий стан дерев в урбоценозах м. Полтава різного рівня антропоїчного навантаження. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 091 – «Біологія». Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка, Полтава, 2025.

У дисертації наведено теоретичні узагальнення та аналіз даних стосовно видового складу дерев в урбоценозах м. Полтава та особливостей реакції показників стану та росту дерев на дію антропоїчних чинників.

Зелені насадження міст прикрашають навколишнє середовище та виконують різноманітні екологічні функції, зокрема виділяють кисень, покращують мікроклімат, затримують пил і шум, поглинають чи нейтралізують викиди промисловості та транспортних засобів у повітря. Водночас під впливом забруднювачів повітря та ґрунту, ущільнення ґрунту, механічних пошкоджень під час будівельних робіт міські дерева ослаблюються та стають сприйнятливими до ураження збудниками хвороб і пошкодження комахами-фітофагами.

Підвищенню стійкості міських насаджень присвячено багато досліджень, в яких оцінювали спроможність окремих видів дерев поглинати пил і газоподібні викиди, а також витривалість до дії різноманітних природних і антропоїчних чинників. Унаслідок таких досліджень сформовано перелік видів рослин, які переважно висаджують у насадженнях населених пунктів.

Відомо, що стійкість насаджень визначається не тільки властивостями окремих видів, але й їхнім різноманіттям. Водночас вуличні насадження часто складаються з невеликої кількості видів дерев, оскільки врахування вимог різних видів до умов вирощування ускладнює здійснення догляду. Зелені масиви Полтави становлять понад 30 % загальної площі міста. Водночас

порівняння видового складу дерев у насадженнях із різним антропоїчним навантаженням та реакції показників стану та росту дерев на дію цих чинників досі не здійснювали, тоді як це є важливим для кращої адаптації до зміни клімату в урбоценозах.

У роботі застосовано методи обстеження насаджень, визначення видового складу дерев, оцінювання санітарного стану, дефоліації, поширення пошкоджень, відбирання зразків і їхній камеральний аналіз (вимірювання приросту, визначення площі листків, типів пошкоджень), розрахунок показників біорізноманіття, методи синфітоіндикації екологічних умов, аналізу кліматичних показників, дендрохронологічні методи та статистичний аналіз даних.

Оскільки всі природні та антропоїчні чинники діють на тлі зміни клімату, було проаналізовано кліматичні показники років досліджень (2021–2024 рр.) у порівнянні з багаторічними даними метеостанції Полтава (1993–2022 рр.). Підтверджено тренд збільшення температури повітря, більш раннього початку та більш пізнього закінчення вегетаційного періоду та збільшення його тривалості. Зазначені зміни можуть впливати як на розвиток дерев, так і їхніх шкідників і патогенів. Відмічено значне зменшення кількості опадів і значення гідротермічного коефіцієнта у 2024 р. у порівнянні з багаторічними даними, що не є сприятливим для дерев і негативно впливає на їхню стійкість до природних і антропоїчних чинників.

В обстежених насадженнях м. Полтави визначено 30 видів дендрофлори з 21 роду 15 родин, причому найбільшою мірою представлені клен гостролистий (*Acer platanoides* L.), гіркокаштан звичайний (*Aesculus hippocastanum* L.), липа серцелиста (*Tilia cordata* Mill.) й тополя чорна (*Populus nigra* L.).

Розрахунок індексів різноманіття дерев у різних типах насаджень виявив, що у міру підвищення антропоїчного навантаження індекси видового багатства (D_{Mn}), вирівняності (E_H) та різноманітності (H) у вуличних насадженнях збільшувалися, а індекс домінування (D_{BP}) зменшувався, а

відмінності видового складу дендрофлори вуличних і паркових насаджень збільшувалися.

Застосування методу синфітоіндикації стосовно окремих зон Прирічкового парку дало змогу оцінити відповідність видового складу дерев екологічним умовам. Так серед 12 видів листяних дерев світлолюбні робінія звичайна (*Robinia pseudoacacia* L.) та береза повисла (*Betula pendula* Roth.) представлені у зоні з високим рекреаційним навантаженням, для якої є характерним зниження показника аерації ґрунту внаслідок його ущільнення. Підтверджено доцільність врахування екологічних амплітуд чинників під час вибору видів дерев для розширення їхнього асортименту.

Аналіз результатів обстеження вуличних, паркових і внутрішньо-квартальних насаджень м. Полтава свідчить про погіршення санітарного стану всіх видів дерев у міру наростання інтенсивності руху транспорту. При цьому найбільш стійкими виявилися дуб звичайний (*Quercus robur* L.) та робінія звичайна, а найменш стійким – гіркокаштан звичайний, який повсюдно був сильно пошкоджений каштановим мінером (*Cameraria ohridella* Deschka & Dimić, 1986).

На листі дерев виявлено опіки, міни, погризи, уколи, гали та плями, причому поширеність окремих типів пошкоджень залежала від виду дерев і інтенсивності руху транспорту. Так листя гіркокаштана звичайного переважно пошкоджував каштановий мінер, клена гостролистого – гриб *Rhytisma acerinum* (Pers.) Fr.

На всіх видах дерев, що росли в умовах середньої інтенсивності руху транспорту, виявлено опіки листя, поширення яких збільшувалося за високої інтенсивності руху транспорту. Поширення листків із опіками було найбільшим на липі серцелистій (10,2±3,03 % і 42,2±4,94 % на ділянках із середньою та високою інтенсивністю руху транспорту відповідно) та на клені гостролистому (12,5±3,31 % і 36,3±4,81 % відповідно).

Крім забруднювачів повітря, на стан дерев впливало обмеження росту коріння та механічні пошкодження крони, зокрема внаслідок інтенсивного

кронування. Встановлено, що стан дерев липи серцелистої та гіркокаштана звичайного, які піддані лише впливу викидів транспорту, є дещо кращим, ніж дерев із обмеженням росту коріння, а стан дерев робінії звичайної, липи серцелистої та гіркокаштана звичайного, що ростуть під впливом лише викидів транспорту, є дещо кращим, ніж дерев із механічним впливом на крону.

Підтверджено одержані в інших регіонах дані стосовно зменшення приросту пагонів поточного року, середньої кількості листків на пагоні та їхньої площі у міру підвищення інтенсивності руху транспорту.

Найбільшою мірою зменшувався приріст пагонів берези повислої, який на ділянках із середньою та високою інтенсивністю руху транспорту був на 21,7 та 33,2 % меншим, ніж на ділянках із низькою інтенсивністю руху транспорту. Різниці середньої кількості листків на пагоні на ділянках із середньою та низькою інтенсивністю руху транспорту становили від 12,2 % на гіркокаштані звичайному до 22,5 % на березі повислій, а на ділянках із високою та низькою інтенсивністю руху транспорту – від 20,7 % на гіркокаштані звичайному до 37,3 % на березі повислій.

Частка пошкодженої площі листків гіркокаштана звичайного та клена гостролистого на ділянках із середньою інтенсивністю руху транспорту була більшою, ніж на ділянках із низькою інтенсивністю руху транспорту, на 30,6 і 11,8 % відповідно. Водночас на ділянках із високою інтенсивністю руху транспорту цей показник був меншим, ніж на ділянках із середньою інтенсивністю руху транспорту, що пов'язано з негативним впливом забруднювачів повітря на біотичні чинники пошкодження листя.

Кількісне оцінювання відмінностей динаміки радіального приросту гіркокаштана звичайного у дендропарку та біля дороги з інтенсивним рухом транспорту у періоди до початку інвазії каштанового мінера (1992–2007 рр.) та після неї (2008–2023 рр.) виявило спільні роки мінімумів (2000, 2012 та 2017 рр.) і максимумів (1997, 2003 та 2018 рр.), що обумовлено спільним впливом кліматичних чинників на всі насадження.

Водночас середній річний радіальний приріст гіркокаштана звичайного у дендропарку був більшим, ніж біля дороги з інтенсивним рухом транспорту, як у 1992–2007 рр. – до початку інвазії каштанового мінера ($2,55 \pm 0,11$ та $2,27 \pm 0,09$ мм відповідно), так і у 2008–2023 рр. – після інвазії ($1,91 \pm 0,10$ та $1,36 \pm 0,08$ мм відповідно). При цьому у другому періоді радіальний приріст гіркокаштана звичайного біля дороги зменшився на 40 %, а в дендропарку – на 25 %.

Під додатковим впливом викидів транспорту у насадженнях біля дороги виявлено тренд стійкого зниження приросту гіркокаштана звичайного, а у дендропарку коливання приросту за роками відбувалися відповідно до погодних умов, що підтверджено значущими коефіцієнтами кореляції. Так у насадженнях біля дороги за період 2008–2022 рр. значущі додатні коефіцієнти кореляції отримано між індексами радіального приросту гіркокаштана звичайного та кількістю опадів за гідрологічний рік, середніми зимовими температурами й індексом аридності лісів (FAI), а від’ємний коефіцієнт кореляції – з мінімальними температурами за гідрологічний рік.

Результати оцінювання видового різноманіття дендрофлори у різних типах насаджень м. Полтава, екологічних вимог і стійкості окремих видів до природних і антропогенних чинників можуть бути враховані під час збагачення асортименту видів в урбоценозах м. Полтави в умовах зміни клімату. Ідентифікація біотичних чинників пошкодження окремих видів дерев дає змогу вдосконалити нагляд, заходи попередження пошкодження листя та мінімізації наслідків. Виявлення інформативних морфометричних показників дерев, що реагують на техногенні викиди, є доцільним застосовувати у програмах моніторингу. Водночас необхідно брати до уваги інші чинники впливу на ріст і стан цих дерев, вплив яких інтегрує радіальний приріст.

Зазначені методичні положення можуть бути впроваджені у діяльність КП «Декоративні культури» Полтавської міської ради, а також у навчальний процес факультету природничих наук та менеджменту Полтавського національного педагогічного університету імені В. Г. Короленка під час

підготовки та викладання курсів «Ботаніка» та «Загальна екологія», а також під час проведення навчальної польової практики студентів.

Ключові слова: дендрофлора, антропоічне навантаження, стан дерев, чинники пошкодження, біоіндикація.

SUMMARY

Orlovskyi O.V. Vitality of the trees in the urban cenoses of Poltava in dependence on the anthropogenic load. – Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

Thesis for a Doctor of Philosophy Degree, Speciality 091 – «Biology». Korolenko National Pedagogical University, Poltava, 2025.

The dissertation presents theoretical generalizations and data analysis on the species composition of trees in the urban ecosystems of Poltava and the features of the response of tree health and growth indicators to anthropogenic factors.

Urban green spaces beautify the environment and perform a variety of ecological functions, including releasing oxygen, improving the microclimate, trapping dust and noise, and absorbing or neutralizing industrial and vehicle emissions. At the same time, urban trees are weakened by air and soil pollutants, soil compaction, and mechanical damage during construction work, making them susceptible to pathogens and phytophagous insects' damage.

Many studies have been devoted to increasing the sustainability of urban plantings, assessing the ability of individual tree species to absorb dust and gaseous emissions, as well as their resistance to various natural and anthropogenic factors. As a result of such studies, a list of plant species for urban areas has been formed.

It is known that the sustainability of plantings depends not only on features of individual species but also on their diversity. At the same time, street plantings often

consist of a small number of tree species, as considering the requirements of each species for site conditions makes maintenance difficult. Poltava's green spaces account for over 30% of the city's total area. At the same time, there has been no comparison of tree species composition in plantings with various anthropogenic loads and the response of tree health and growth indicators to these factors, which is important for better adaptation to climate change in urban cenoses.

The methods used in the study included planting surveys, identifying of tree species composition, assessment of health condition, defoliation, damage types, sampling and analysis (measuring increment, leaf area, identifying the types of damage), calculation of biodiversity indicators, methods of synphytoindication of environmental conditions, analysis of climatic indicators, dendrochronological methods, and statistical data analysis.

Since all natural and anthropogenic factors act against the background of climate change, the climatic indicators of the study years (2021-2024) were analyzed in comparison with long-term data from the Poltava weather station (1993-2022). The trend of increasing air temperature, earlier beginning and later end of the growing season, and longer duration of the growing season was confirmed. These changes can affect the development of trees, their pests, and pathogens. A significant decrease in precipitation and hydrothermal coefficient was found in 2024 compared to long-term data, which negatively affects the growth and resistance of trees to natural and anthropogenic factors.

In the surveyed plantings of Poltava, 30 species of dendroflora from 21 genera of 15 families were identified, with the most represented species being Norway maple (*Acer platanoides* L.), horse chestnut (*Aesculus hippocastanum* L.), small-leaved lime (*Tilia cordata* Mill.) and black poplar (*Populus nigra* L.).

The calculation of tree diversity indices in different types of plantings revealed that with increasing anthropogenic load, the indices of species richness (DMn), evenness (EH) and diversity (H) in street plantings increased, while the dominance index (DBP) decreased, and the differences in species composition of the dendroflora of the street and park plantings increased.

The synphytoindication in certain zones of the Pririchkovyi Park made it possible to assess the compliance of the tree species composition with ecological conditions. Thus, among the 12 species of deciduous trees, the light-loving black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) and the silver birch (*Betula pendula* Roth.) were presented in the zone with a high recreational load, which is characterized by a decrease in soil aeration due to soil compaction. The expediency of considering the environmental amplitudes of factors when selecting tree species to expand their range was confirmed.

The survey in the street, park, and intra-quarter plantings in Poltava shows a deterioration in the health of all tree species as the intensity of traffic increases. English oak (*Quercus robur* L.) and black locust were the most resistant, and the horse chestnut was the least resistant due to severe damage by horse-chestnut leafminer (*Cameraria ohridella* Deschka & Dimić, 1986).

Burns, mines, gnaws, punctures, galls, and spots were found on the leaves of trees, and the prevalence of certain types of damage depended on the tree species and the intensity of traffic. For example, the leaves of the horse chestnut were mostly damaged by horse-chestnut leafminer, and those of Norway maple by the fungus *Rhytisma acerinum* (Pers.) Fries.

Leaf burns were detected on all tree species growing in conditions of medium traffic intensity, and the spread of burns increased at high traffic intensity. The spread of leaves with burns was highest on small-leaved lime ($10.2 \pm 3.03\%$ and $42.2 \pm 4.94\%$ in sample plots with medium and high traffic intensity, respectively) and on Norway maple ($12.5 \pm 3.31\%$ and $36.3 \pm 4.81\%$, respectively).

In addition to air pollutants, the health of trees was affected by root growth restriction and mechanical damage to the crown, particularly as a result of intensive crown formation. It was found that the health of small-leaved lime and horse chestnut trees exposed only to transport emissions was somewhat better than that of trees with root growth restriction, and the health of black locust, small-leaved lime, and horse chestnut trees growing under the influence of transport emissions alone was somewhat better than that of trees with mechanical impact on the crown.

The data obtained in other regions on the decrease in the growth of shoots of the current year, the average number of leaves per shoot and their area with increasing traffic intensity were confirmed.

The growth of shoots of silver birch decreased to the greatest extent, which in areas with medium and high traffic intensity was 21.7 and 33.2% less than in areas with low traffic intensity. Differences in the average number of leaves per shoot in areas with medium and low traffic intensity ranged from 12.2% for horse chestnut to 22.5% for silver birch, and in areas with high and low traffic intensity - from 20.7% for horse chestnut to 37.3% for silver birch.

The proportion of damaged leaf area of horse chestnut and Norway maple in areas with medium traffic intensity was higher than in areas with low traffic intensity, by 30.6 and 11.8%, respectively. At the same time, in areas with high traffic intensity, this indicator was lower than in areas with medium traffic intensity, which is associated with the negative impact of air pollutants on biotic factors of leaf damage.

Quantitative assessment of the differences in the dynamics of radial growth of horse chestnut in the arboretum and near the road with heavy traffic in the periods before the horse-chestnut leafminer invasion (1992-2007) and after it (2008-2023) revealed common years of minima (2000, 2012 and 2017) and maxima (1997, 2003 and 2018), which is due to the common influence of climatic factors on all plantings.

At the same time, the average annual radial growth of horse chestnut in the arboretum was greater than near the road with heavy traffic, both in 1992-2007 - before the horse-chestnut leafminer invasion (2.55 ± 0.11 and 2.27 ± 0.09 mm, respectively), and in 2008-2023 - after the invasion (1.91 ± 0.10 and 1.36 ± 0.08 mm, respectively). In the second period, the radial growth of the horse chestnut near the road decreased by 40 %, and in the arboretum - by 25 %.

Under the additional influence of transport emissions in the plantings near the road, a trend of a steady decline in the growth of horse chestnut trees was found. In the arboretum, fluctuations in growth over the years occurred following weather conditions, which is confirmed by significant correlation coefficients. Thus, in the

plantings near the road for the period 2008-2022, significant positive correlations were obtained between the radial growth of horse chestnut and precipitation per hydrological year, average winter temperatures, and the Forest Aridity Index (FAI), and a negative correlation was obtained with the minimum temperatures for the hydrological year.

The results of the assessment of dendroflora species diversity in different types of plantings in Poltava, ecological requirements and resistance of individual species to natural and anthropogenic factors can be taken into account when enriching the range of species in urban forests of Poltava in the context of climate change. Identification of biotic factors of damage to individual tree species allows to improve surveillance, and measures to prevent leaf damage and minimize the consequences. The identification of informative morphometric indicators of trees that respond to anthropogenic emissions is appropriate for use in monitoring programs. At the same time, it is necessary to consider other factors affecting the growth and health of these trees, whose impact is integrated by radial growth.

These methodological provisions can be implemented in the activities of the Municipal Enterprise “Decorative Cultures” of the Poltava City Council, as well as in the educational process of the Faculty of Natural Sciences and Management of V. G. Korolenko Poltava National Pedagogical University during the preparation and teaching of the courses “Botany” and “General Ecology”, as well as during the field practice of students.

Keywords: dendroflora, anthropogenic loading, tree health, damage factors, bioindication.

СПИСОК ПРАЦЬ ЗДОБУВАЧА, В ЯКИХ ОПУБЛІКОВАНІ ОСНОВНІ НАУКОВІ РЕЗУЛЬТАТИ ДИСЕРТАЦІЙНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

У фахових виданнях:

1. Орловський О.В. Індикація екологічних умов за складом дендрофлори у різних зонах Прирічкового парку м. Полтава. Біологія та екологія. 2024. Т.10. №1. С. 32–40.
2. Орловський О.В. Різноманіття дендрофлори парків і вулиць Полтави в умовах антропогенного навантаження. Біорізноманіття, екологія та експериментальна біологія, 2024, Том 26, №1. С. 88–98.
3. Орловський О.В., Дерев'янка Т.В. Санітарний стан дерев під різним антропогенним впливом у насадженнях Полтави. Біологія та екологія. 2024. Т.10. №2. С. 80–88.

Публікації, які засвідчують апробацію результатів дисертації (матеріали та тези конференцій):

4. Орловський О.В. Систематичний аналіз декоративних сортів та форм дерев в озелененні вулиць м. Полтава. Сьома міжнародна конференція молодих учених «Харківський природничий форум». (16-17 травня 2024 р.): збірник наукових праць. Харків: ХНПУ імені Г. С. Сковороди, 2024. С. 99–100.
5. Орловський О.В. Поширеність і показники стану окремих видів дендрофлори м. Полтави. «Наукові читання імені В.М. Виноградова»: Матеріали VI-ої Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти та молодих учених. 23–24 травня 2024 року. Херсон: 2024. С.76–78.
6. Орловський О.В., Коваль І.М. Дендроіндикація гіркокаштана звичайного в зелених насадженнях м. Полтава. Лісовирощування: історична та

інноваційна діяльність у галузі лісового господарства [електронне видання] :збірник матеріалів II Всеукраїнської науково-практичної конференції до 205-річчя з дня народження В. Є. фон Граффа, м. Овруч-Малин, 08 листопада 2024 року. Малин : Малинський фаховий коледж. Видавництво : МФК, 2024. С.122–124.

7. Дерев'янку Т.В., Орловський О.В. Моніторинг стану дерев в урбоценозах м. Полтава. Колесніковські читання : матеріали Всеукр. наук.-практ. конф., Харків, 19 листоп. 2024 р. / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова, Луганськ. нац. ун-т ім. Т. Шевченка, Дніпровськ. держ. аграр.-екон. ун-т [та ін. ; редкол.: Н. О. Олексійченко, У. М. Соколенко, М. О. Подольхова]. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2024. С.37–39. ISBN 978-966-695-613-5

8. Орловський О.В. Дерев'янку Т.В., Реакція дерев на забруднення повітря викидами транспорту у м. Полтава. Рослини та урбанізація: Матеріали XIV Міжнародної науково-практичної конференції (Дніпро, 3 лютого 2025 р.). Дніпро, 2025. С. 131–134.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ	16
ВСТУП	17
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ДОСЛІДЖЕНЬ СТОСОВНО СТАНУ ДЕРЕВ В УРБОЦЕНОЗАХ	22
1.1. Дерева в урбоценозах	22
1.2. Вибір видів дерев для вирощування в урбоценозах	28
1.3. Стійкість і стан дерев в урбоценозах	32
1.4. Дерева – індикатори стану середовища в урбоценозі	38
<i>Висновки до розділу</i>	47
РОЗДІЛ 2. ХАРАКТЕРИСТИКА РЕГІОНУ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	49
2.1. Природні умови	49
2.2. Клімат регіону та погодні умови років досліджень	51
<i>Висновки до розділу</i>	59
РОЗДІЛ 3. ОБЛІКОВІ ПУНКТИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ	61
3.1. Облікові пункти	61
3.2. Методика досліджень	65
<i>Висновки до розділу</i>	73
РОЗДІЛ 4. ПОШИРЕНІСТЬ ВИДІВ ДЕРЕВ У МІСЬКИХ НАСАДЖЕННЯХ ПОЛТАВИ	75
4.1. Видовий склад дерев у міських насадженнях Полтави	75
4.2. Показники різноманіття видів дерев залежно від рівня антропічного навантаження	79
4.3. Індикація екологічних умов за складом дендрофлори у різних зонах Прирічкового парку м. Полтава	83
<i>Висновки до розділу</i>	92

РОЗДІЛ 5. САНІТАРНИЙ СТАН ДЕРЕВ В УМОВАХ АНТРОПІЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ	95
5.1. Показники санітарного стану дерев залежно від інтенсивності руху транспорту	95
5.2. Пошкодження листя дерев різними чинниками залежно від інтенсивності руху транспорту	98
5.3. Поширеність і санітарний стан дерев під різним антропічним впливом	109
<i>Висновки до розділу</i>	114
РОЗДІЛ 6. ПОКАЗНИКИ РОСТУ ДЕРЕВ В УМОВАХ АНТРОПІЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ	117
6.1. Морфометричні показники дерев на ділянках із різною інтенсивністю руху транспорту	117
6.2. Радіальний приріст дерев гіркокаштана звичайного на ділянках із різною інтенсивністю руху транспорту	127
<i>Висновки до розділу</i>	135
ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ	139
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	142
ДОДАТКИ	165

ПЕРЕЛІК ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ

- ПП – пробна площа
 Іс. – індекс санітарного стану дерев
 ГТК – гідротермічний коефіцієнт
 Ас. neg. – клен ясенolistий (*Acer negundo* L.)
 Ас. plat. – клен гостролистий (*Acer platanoides* L.)
 Аес. hipp. – гіркокаштан звичайний (*Aesculus hippocastanum* L.)
 Arm. vulg. – абрикос звичайний (*Armeniaca vulgaris* Lam.)
 Bet. pend. – береза повисла (*Betula pendula* Roth.)
 Cat. big. – катальпа звичайна *Catalpa bignonioides* Walt.
 Cer. can. – церцис канадський *Cercis canadensis* L.
 Cer. sil. – церцис європейський *Cercis siliquastrum* L.
 Cr. laev. – глід звичайний (*Crataegus laevigata* L.)
 El. com. – маслинка срібляста (*Elaeagnus commutata* Bernh. ex Rydb.)
 Frax. ex. – ясен звичайний (*Fraxinus excelsior* L.)
 Jugl. regia – горіх волоський (*Juglans regia* L.)
 L. dec. – модрина європейська (*Larix decidua* Mill.)
 P. ab. – ялина звичайна (*Picea abies* (L.) H. Karst.)
 P. gl. – ялина колюча (*Picea glauca* (Moench) Voss)
 P. trem. – осика (*Populus tremula* L.)
 Pop. alba – тополя біла (*Populus alba* L.)
 Pop. nigr. – тополя чорна (*Populus nigra* L.)
 Pr. cer. – вишня звичайна (*Prunus cerasus* L.)
 Pr. spin – терен колючий (*Prunus spinosa* Лю)
 Q. rob. – дуб звичайний (*Quercus robur* L.)
 Q. rub. – дуб червоний (*Quercus rubra* L.)
 Rhus typh. – сумах оленерогий (*Rhus typhina* L.)
 Rob. ps. – робінія звичайна (*Robinia pseudoacacia* L.)
 S. alba – верба біла (*Salix alba* L.)
 Sorb. auc. – горобина звичайна (*Sorbus aucuparia* L.)
 Sorb. scand. – горобина проміжна (скандинавська) (*Sorbus scandica* (L.) Fr.)
 T. cord. – липа серцелиста (*Tilia cordata* Mill.)
 T. plat. – липа широколиста (*Tilia platyphyllos* Scop.)
 U. min – берест (*U. minor* Mill.)
- Індекси біорізноманіття*
 S – кількість видів
 N – кількість особин
 D_{Mn} – індекс Менхініка
 D_{Mg} – індекс Маргалєфа
 D_s – індекс Симпсона
 D_{BP} – індекс Бергера-Паркера
 H – індекс Шеннона
- Індекс порівняння біот*
 Csc – індекс Сьоренсена-Чекановського

ВСТУП

Актуальність теми. Зелені насадження міст прикрашають навколишнє середовище та виконують різноманітні екологічні функції, зокрема виділяють кисень, покращують мікроклімат, затримують пил і шум, поглинають чи нейтралізують викиди промисловості та транспортних засобів у повітря [27, 58, 60]. Водночас під впливом забруднювачів повітря та ґрунту, ущільнення ґрунту, механічних пошкоджень під час будівельних робіт міські дерева ослаблюються та стають сприйнятливими до ураження збудниками хвороб і пошкодження комахами-фітофагами [121, 122]. Підвищенню стійкості міських насаджень присвячено багато досліджень, в яких оцінювали спроможність окремих видів дерев поглинати пил і газоподібні викиди [158, 160], а також витривалість до дії різноманітних природних і антропогенних чинників [88, 94, 113, 118, 193]. Унаслідок таких досліджень сформовано перелік видів рослин, які переважно висаджують у насадженнях населених пунктів [30, 190, 196]. Відомо, що стійкість насаджень визначається не тільки властивостями окремих видів, але й їхнім різноманіттям [7, 198]. Водночас вуличні насадження часто складаються з невеликої кількості видів дерев, оскільки врахування вимог різних видів до умов вирощування ускладнює здійснення догляду [123]. Зелені масиви Полтави становлять понад 30 % загальної площі міста [29, 106]. Водночас порівняння видового складу дерев у насадженнях із різним антропогенним навантаженням та реакції показників стану та росту дерев на дію цих чинників досі не здійснювали, тоді як це є важливим для кращої адаптації до зміни клімату в урбоценозах.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційні дослідження проведені впродовж 2022–2024 рр. у межах наукової тематики досліджень кафедри ботаніки, екології та методики навчання біології Полтавського національного педагогічного університету імені В. Г. Короленка «Структурно-функціональні особливості природних та

штучних фітоценозів Лівобережного Лісостепу України» (державна реєстрація: №0122U001076, 05-02-2022–12.2026), до якої автор залучався як виконавець підрозділів.

Мета і завдання дослідження. *Метою досліджень є встановити видовий склад дерев в урбоценозах м. Полтава та особливості реакції показників стану та росту дерев на дію антропоічних чинників.*

Завдання:

- встановити видовий склад дерев у вуличних і паркових насадженнях м. Полтави;
- оцінити показники різноманіття видів дерев залежно від рівня антропоічного навантаження;
- здійснити індикацію екологічних умов за складом дендрофлори на прикладі Прирічкового парку м. Полтава;
- оцінити показники санітарного стану дерев залежно від інтенсивності руху транспорту та інших видів антропоічного впливу;
- визначити зміни морфометричних показників дерев на ділянках із різною інтенсивністю руху транспорту;
- виявити особливості радіального приросту гіркокаштана звичайного на ділянках із різною інтенсивністю руху транспорту на тлі пошкодження каштановим мінером і динаміки кліматичних показників.

Об'єкт дослідження: поширення і стан дендрофлори урбоценозів.

Предмет дослідження – видовий склад, показники санітарного стану та росту дерев в урбоценозах м. Полтава за різного антропоічного навантаження.

Методи та матеріали дослідження: обстеження насаджень, визначення видового складу дерев, оцінювання санітарного стану, дефоліації, поширення пошкоджень, відбирання зразків і їхній камеральний аналіз (вимірювання приросту, визначення площі листків, типів пошкоджень), розрахунок показників біорізноманіття [61], синфітоіндикація екологічних умов [133], аналіз кліматичних показників, дендрохронологічні методи [52, 141], статистичний аналіз даних [2, 143].

Наукова новизна одержаних результатів.

Уперше:

– визначено видовий склад дендрофлори вуличних і паркових насаджень м. Полтави з домінуванням *Acer platanoides*, *Aesculus hippocastanum*, *Tilia cordata* та *Populus nigra*;

– встановлено зміни індексів біорізноманіття у міру підвищення інтенсивності антропоїчного навантаження;

– доведено погіршення санітарного стану всіх видів дерев у міру наростання інтенсивності руху транспорту, найбільшу стійкість дуба звичайного та робінії звичайної, а найменшу – гіркогоштанана звичайного;

– визначено типи пошкодження листя та їхню поширеність залежно від виду дерев та інтенсивності руху транспорту, встановлено найбільше поширення опіків на листі липи серцелистої та клена гостролистого;

– оцінено спільний і окремий вплив на стан дерев викидів транспорту, обмеження росту коріння та кронування;

– кількісно оцінено збільшення частки пошкодженої площі листків у міру підвищення інтенсивності руху транспорту до середнього рівня та негативний вплив забруднювачів повітря на біотичні чинники пошкодження листя за високої інтенсивності руху транспорту;

– кількісно оцінено відмінності динаміки радіального приросту гіркогоштанана звичайного у дендропарку та біля дороги з інтенсивним рухом транспорту у періоди до початку інвазії каштанового мінера (1992–2007 рр.) та після неї (2008–2023 рр.), а також визначено значущі коефіцієнти кореляції з кліматичними показниками, зокрема індексом аридності лісів (FAI).

Одержали подальший розвиток:

– тренд збільшення температури повітря, більш раннього початку та збільшення тривалості вегетаційного періоду та зменшення кількості опадів і гідротермічного коефіцієнта у порівнянні з багаторічними даними, що може негативно вплинути на стійкість дерев в урбоценозі м. Полтава;

– доцільність врахування екологічних амплітуд чинників під час вибору

видів дерев для розширення їхнього асортименту в урбоценозах;

– підтверджено одержані в інших регіонах дані стосовно зменшення приросту пагонів поточного року, середньої кількості листків на пагоні та їхньої площі у міру підвищення інтенсивності руху транспорту.

Теоретичне і практичне значення одержаних результатів. У результаті досліджень оцінено видове різноманіття дендрофлори у різних типах насаджень м. Полтава, екологічні вимоги та стійкість окремих видів до природних і антропогенних чинників, що може бути враховано під час збагачення асортименту видів в урбоценозах м. Полтави. Визначення біотичних чинників пошкодження окремих видів дерев дає змогу вдосконалити нагляд, заходи попередження пошкодження листя та мінімізації наслідків. Виявлення інформативних морфологічних показників дерев, що реагують на техногенні викиди, є доцільним застосовувати у програмах моніторингу. Водночас необхідно брати до уваги інші чинники впливу на ріст і стан цих дерев, вплив яких інтегрує радіальний приріст.

Зазначені методичні положення можуть бути впроваджені у діяльність КП «Декоративні культури» Полтавської міської ради, а також у навчальний процес факультету природничих наук та менеджменту Полтавського національного педагогічного університету імені В. Г. Короленка під час підготовки та викладання курсів «Ботаніка» та «Загальна екологія», а також під час проведення навчальної польової практики студентів.

Особистий внесок здобувача. Дисертант особисто обґрунтував необхідність проведення досліджень, розробив програму, визначив методику, підібрав дослідні об'єкти, провів польові та камеральні дослідження, здійснив математико-статистичну обробку матеріалів, проаналізував і узагальнив отримані результати, зробив висновки та розробив рекомендації, написав дисертаційну роботу. Для написання спільних зі співавторами наукових публікацій автор брав участь у зборі експериментальних даних, опрацюванні результатів роботи і підготуванні текстового матеріалу.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертації

представлені на п'яти наукових конференціях, зокрема: на сьомій міжнародній конференції молодих учених «Харківський природничий форум» (16–17 травня 2024 р., Харків, ХНПУ); VI-й Всеукраїнській науково-практичній конференції здобувачів вищої освіти та молодих учених «Наукові читання імені В.М. Виноградова» (23–24 травня 2024 року. Херсон–Кропивницький); II Всеукр. наук.-практ. конф. до 205-річчя з дня народження В. Є. фон Граффа «Лісовирощування: історична та інноваційна діяльність у галузі лісового господарства» (Овруч-Малин, 08 листопада 2024 року); Всеукр. наук.-практ. конф. «Колесніковські читання» (Харків, ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 19 листопада 2024 р.); XIV Міжнародній наук.-практ. конф. «Рослини та урбанізація» (Дніпро, 3 лютого 2025 р.).

Публікації. За матеріалами дисертації опубліковано 8 наукових праць, зокрема 3 статті у фахових наукових виданнях України, включених до категорії Б, а 5 – у матеріалах конференцій.

Структура та обсяг роботи. Матеріали дисертаційної роботи викладені на 169 сторінках (основний текст на 141 сторінці). Дисертація складається зі вступу, шести розділів, висновків і двох додатків. Дисертація містить 58 рисунків, 10 таблиць. Список використаних джерел літератури включає 198 найменувань (88 – латиницею).

Подяки. Автор щиро вдячний науковому керівнику кандидату біологічних наук, доценту Т.В. Дерев'янку за консультації, науково-методичне керівництво, поради та підтримку, завідувачці лабораторії екологічного моніторингу кандидату сільськогосподарських наук, доценту М.А. Галицькій за допомогу в аналізі зразків ґрунту, доктору сільськогосподарських наук І. М. Коваль за методичну допомогу у дослідженні радіального приросту дерев.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ДОСЛІДЖЕНЬ СТОСОВНО СТАНУ ДЕРЕВ В УРБОЦЕНОЗАХ

1.1. Дерева в урбоценозах

Урбоценоз, або екосистема міста, створена людиною, та містить житлові будівлі, промислові об'єкти, різноманітні комунікації, штучні ландшафти та змінені природні екосистеми [58].

Зелені насадження міст представлені деревами, чагарниками і трав'янистими рослинами, які ростуть уздовж вулиць і доріг, всередині кварталів, у парках, скверах, а також на земельних ділянках підприємств, приватних будинків, навчальних закладів тощо [4, 22, 60].

Зелені насадження міст не тільки поліпшують вигляд урбанізованих ландшафтів, але й виконують важливі екологічні функції. Ці насадження поглинають забруднювачі повітря (пил, газ та ін.), охолоджують міське середовище, стабілізують вітровий режим, підвищують відносну вологість повітря і пом'якшують її добові й сезонні коливання, збагачують атмосферу киснем, збільшують концентрації іонів із від'ємним зарядом в атмосфері, виділяють біологічно активні речовини, що пригнічують патогенну мікрофлору в атмосфері, зменшують рівня шумів за рахунок поглинання механічних коливань, затримують частину опадів і зменшують поверхневий стік, поліпшують структуру ґрунту, затримують сніговий покрив і талі води, закріплюють сипучі ґрунти і зменшують рівень ерозії [86, 115, 128, 131].

Водночас дерева в урбоценозах знаходяться під впливом різноманітних чинників, багато з яких відрізняються від чинників впливу на лісові та інші рослини в природних екосистемах [128].

Так у складі ґрунту в містах містяться фрагменти будівельних матеріалів, він переущільнений, а поверхня прикрита асфальтом, що не є сприятливим для розвитку коріння дерев. В умовах ущільнення ґрунту зменшуються приріст пагонів, кількість листків на пагоні поточного року багатьох видів дерев, причому найбільшою мірою потерпають дерева віком до 20 років [58].

Дерева кожного виду мають певні біоморфологічні властивості корневих систем, які мають відповідати реальному складу ґрунтового покриву у місці садіння. Зазвичай глибина та діаметр котловану для садіння дерев є стандартним, а простір поза ним не враховується [156]. Це негативно впливає на приживлення дерев, особливо у разі садіння великоміру.

Дослідження стану *Aesculus hippocastanum* у насадженнях м. Познані (Польща) встановили, що якість життєвого середовища дерев у містах значно поліпшується за наявності не менше 10 м² вільної, незаасфальтованої, неущільненої та водопроникної поверхні ґрунту навколо них [155].

До хімічного забруднення повітря приєднуються вібраційноакустичні навантаження від пересування автотранспортних засобів, які впливають на проникність мембран рослин [10, 87].

Доведено, що волога у ґрунті лісопаркових і паркових насаджень накопичується інтенсивніше, ніж у вуличних [58]. Це пов'язано з відмінностями структури ґрунту та особливостями накопичення й танення снігу. У вуличних насадженнях вміст вологи у ґрунті є меншим у зв'язку з особливостями мікроклімату в умовах техногенного забруднення повітря та ґрунту, а також унаслідок прибирання вулиць і тротуарів, ущільнення снігу пішоходами, вивезення снігу за місто та розкидання на проїжджій частині. Дефіцит вологи у ґрунті на початку вегетаційного періоду особливо негативно впливає на стан дерев [60].

До ґрунту потрапляють токсичні речовини разом із побутовими та промисловими стоками, а також із пилом, що містить важкі метали та інші

токсичні речовини. Зміни хімічного складу ґрунту відбиваються на угрупованнях мікроорганізмів та їхньому функціонуванні, що є необхідним для забезпечення кругообігу речовин, які підтримують життєздатність, ріст і стан рослин [113].

Для міст є характерними менші проникнення ультрафіолетової радіації, відносна вологість повітря, атмосферний тиск і швидкість вітру. Ці особливості призводять до частіших туманів і концентрації забруднювачів повітря, які потрапляють на рослини та у ґрунт [58].

Температура повітря на декілька градусів вища в центрі міста, ніж на периферії та за його межами [63]. Дослідження у шести великих містах Європи вивели, що протягом року міські узлісся були теплішими та сухішими у порівнянні з внутрішніми лісами, причому найбільші відмінності відбувалися влітку та вдень [129]. Це пов'язано з тим, що поверхні будівель і покриття доріг інтенсивніше прогріваються вдень і повільніше віддають тепло вночі, ніж ґрунт за межами міста. Температура повітря міст також підвищується завдяки опаленню будинків, діяльності промислових підприємств і експлуатації транспортних засобів [60].

Так дослідження, проведені у Києві та Білій Церкві, встановили, що різниця температур повітря на різних об'єктах озеленення залежить від розмірів зеленого масиву [63]. З'ясовано, що найбільше зменшення температури повітря влітку відбувається у стиглих і перестиглих насадженнях заввишки понад 20 м і навколо дерев аборигенних видів зі щільною широкорозкидистою кроною. Зазначено, що чим більша площа деревного масиву, тим на більшу відстань поширюється вплив насаджень на температурний режим прилеглої території .

У Львові встановлено, що опівдні різниця температури повітря у центрі та в Лісопарку становить 1,4–2,6°C [58]. Так звані «острови тепла» утворюються на великих площах і на перехрестях заможених вулиць, а зоні

промислових майданів із заасфальтованими ділянками та на дахах щільно забудованих житлових районів.

На ділянках насаджень розвинені крони дерев перешкоджають нагріванню ґрунту та приземного шару повітря. Так у лісопарках і парках під наметом насаджень і за відсутності поверхневого стоку та наявності лісової підстилки зменшуються непродуктивні втрати вологи з ґрунту [60]. Такі насадження також затримують частину опадів, а частину опадів також затримують лісова підстилка і трав'яні рослини, що також сприяє зволоженню приземного шару ґрунту.

У лісопаркових насадженнях вологість ґрунту коливається лише у верхньому шарі до 70 см, а у вуличних насадженнях – до 120 см. Нагрівання та втрати тепла на відкритій поверхні ґрунту призводять інколи до втрати вологи до повітряно-сухого стану [60].

Підвищення температури повітря до певного рівня позитивно впливає на рослини, зокрема прискорюється початок вегетації [127]. Водночас підвищення температури в умовах зниженої вологості призводить до утворення опіків листя, внаслідок чого зменшується поверхня, яка здійснює фотосинтез. Цей ефект посилює наявність токсичних речовин у повітрі [58].

Зовнішній вигляд листків із наявністю опіків, спричинених посухою та токсичними викидами часто є подібним. Встановлено, що опіки, спричинені токсикантами, розташовані переважно на висоті не більше 3 м і з боку джерела забруднення, тобто з боку дороги [64].

Основними джерелами забруднення повітря є промислові підприємства, теплоелектростанції, спалювання сміття, опалення приміщень і транспорт [134].

Викиди промисловості і транспорту беруть участь у хімічних реакціях, зокрема з утворенням озону, який проникає у продихи рослин і спалює їхні тканини під час дихання [149].

Підраховано, що обсяг викидів шкідливих речовин від автотранспорту майже втричі перевищує обсяг викидів від стаціонарних джерел забруднення [5]. При цьому найбільші концентрації шкідливих речовин відмічені поблизу великих населених пунктів. Доведено, що концентрації забруднювачів зменшуються на відстані 12–20 м від дороги, а у щільно забудованих районах концентрація забруднювачів значно вища, ніж на відкритій місцевості [58].

Дослідження в Полтаві [43] виявили, що самоочищення атмосфери від пилу й токсикантів залежить від температури повітря та вітрового режиму. Вже у разі різкого підвищення температури понад +20°C збільшується майже вдвічі концентрація аміаку в атмосфері, тобто за подальшого потепління існує ризик посилення підвищення забруднення середовища аміаком.

У насадженнях м. Хмельницького [20] на вулицях із відсутністю інтенсивного руху транспорту та промислових об'єктів стан насаджень був добрим, тоді як на вулицях із наявністю забруднення атмосфери викидами транспорту та промисловості найбільш ураженими були дерева гіркокаштана звичайного та липи серцелистої.

Для дерев у місці є характерним поширення неінфекційних уражень, які виникають під дією абіотичних чинників – вітру, блискавки, ранніх весняних і пізніх осінніх приморозків, надмірного підвищення температури повітря на тлі дефіциту вологи, порушення структури, температури й вологості ґрунтів [95].

Інші неінфекційні хвороби дерев спричинені впливом діяльності людини, так званих антропогенних (або антропічних) чинників, зокрема дією викидів промисловості та транспорту [96].

Дослідження в насадженнях Києва та Білої Церкви встановили, що види лип *T. begoniifolia*, *T. platyphyllos* та *T. tomentosa* є найстійкішими до газоподібних продуктів згоряння палива [64].

Крім впливу техногенних викидів, дерева одержують механічні пошкодження під час будівельних і ремонтних робіт, а також унаслідок

травмування транспортними засобами та населенням. Так у вуличних насадженнях м. Умані визначено провідну роль механічних і пірологічних пошкоджень дерев рекреантами [59].

Водночас індивідуальні дерева потерпають від механічних пошкоджень, зокрема в результаті надмірного обрізання крон.

Дерева у міських насадженнях обрізують із метою видалення мертвих, пошкоджених або уражених гілок, вибіркоче усунення щільно розміщених гілок або стовбурів, виправлення форми дерев. Водночас некваліфіковане виконання заходу може назавжди пошкодити дерево.

Поступове здійснення цього заходу може стимулювати формування крони, тоді як різке обрізання понад 70 % гілок дуже ослаблює дерева кленів (*Acer L.*), ясена (*Fraxinus L.*), гіркокаштана (*Aesculus L.*) тощо [77, 119].

Так у м. Дніпро досліджено вплив омолоджувального обрізання дерев *Acer platanoides* на анатомо-морфологічні характеристики однорічних пагонів і листя [119]. Встановлено, що у перші два роки після цього заходу ростові процеси активізуються: збільшуються довжина і діаметр однорічних пагонів, кількість міжвузлів і листків, площа листкової пластинки. Пластинка листка потовщується завдяки розвитку губчастої паренхіми. На четвертий рік показники рослин не відрізняються від контрольних (необрізаних) рослин. Водночас листя кронуваних рослин пошкоджено сильніше, ніж контрольних.

Частка хворих рослин клена гостролистого, підданих топінгу у молодому віці, була у 8 разів більшою, ніж контрольних. Після обрізування найкращий стан мали дерева *Populus bolleana* Lauche та *Ulmus pumila L.*, а найгірший – *Robinia pseudoacacia* та *Acer pseudoplatanus* [119].

У Польщі впродовж чотирьох років оцінювали життєздатність дерев після обрізування [185]. Було встановлено підсилення фотосинтетичної активності листя надмірно обрізаних дерев протягом вегетаційного періоду після обрізки. Через чотири роки обрізані дерева відновили свої крони, але не

повністю. Частина дерев була уражені дереворуйнівними грибами, які проникли в утворені рани.

У Поліссі (Житомир) дерева липи широколистої виявилися менш стійкими до обрізування, ніж липи серцелистої та в обох випадках стан дерев, підданих заходу, був гіршим, ніж контрольних [77]. Водночас глибока омолоджувальна обрізка представників роду *Populus* у зелених насадженнях Житомира не спричиняла погіршення стану рослин у порівнянні з контролем [65]. Омолодження мало позитивний вплив на стан дерев у перші роки, а потім стан різко погіршувався [94].

Оцінювання впливу окремих чинників на дерева в місті дає змогу вирішити декілька завдань: визначити найбільш інформативні показники росту чи стану дерев для використання в біоіндикації; розробити заходи щодо пом'якшення негативних наслідків дії тих чи інших чинників; виявити дерева, які є найбільш витривалими до дії певних чинників у регіоні [160].

1.2. Вибір видів дерев для вирощування в урбоценозах

Під час добору рослин для вуличних і паркових насаджень необхідно брати до уваги їхню спроможність витримувати існування в широкому діапазоні механічного складу та багатства ґрунтів, їхньої толерантності до умов зволоження, стійкості до забруднення повітря та ґрунту, поглинати забруднювачі з атмосфери або ґрунту, наявності розгалуженої крони з густим листям для ефективного поглинання шуму, естетичні властивості тощо [60, 183].

Асортимент дерев для міського середовища спочатку складався випадково. Переважно у містах залишалися види дерев, які росли в навколишніх лісах.

Пізніше з метою підвищення декоративності насаджень міст до їхнього складу стали вводити чужоземні рослини, зокрема з гарним цвітінням [55].

У міру розвитку промисловості та інтенсивності руху транспорту виявилось, що окремі види дерев відрізнялися реакцією до певних специфічних чинників міського середовища [60]. У зв'язку з глобальним потеплінням погіршився стан насаджень як у лісах, так і у містах, і питання підбору стійких видів дерев загострилося. Якщо у лісових насадженнях під час підбору видів дерев важливим критерієм є їхня продуктивність, то у містах провідне місце посідає стійкість дерев до специфічних чинників, які діють лише в урбоценозах [160, 190].

Доведено, що підвищити різноманіття насаджень міст доцільно шляхом введення кущів, що сприятиме також підвищенню різноманіття фауни безхребетних і загальної стійкості насаджень [180].

Витривалість (толерантність) до чинника навколишнього середовища визначають як здатність в умовах стресу, спричиненого цим чинником, підтримувати нормальний ріст і не одержувати незворотних пошкоджень. Також важливим є збереження спроможності міських лісів до надання екосистемних послуг. Водночас деякі види дерев, які наразі виявляються стійкими, можуть не витримати прогнозованих змін клімату [27]. У зв'язку з цим дослідники пропонують для підвищення стійкості міських насаджень до майбутніх абіотичних і біотичних стресів збільшувати різноманіття видів дерев з урахуванням принадності для них місцевих умов.

Вимоги дерев до умов навколишнього середовища досконало визначені у зв'язку з розвитком лісової типології на базі лісівничо-екологічної сітки Алексєєва–Погребняка, згідно з якою беруть до уваги рослини-індикатори певних едафічних умов, що характеризують трофність і вологість ґрунту [107]. Згідно із цим виділено 4 градації трофності (А– бори; В – субори; С – сугруди; D – груди) та 6 градацій вологості (0 – дуже сухі; 1 – сухі; 2 – свіжі; 3 – вологі; 4 – сирі; 5 – мокрі), а кожний вид рослин росте у певному діапазоні цих умов, серед яких є оптимальні. Так за ставленням до зволоження сосна витримує дуже сухі умови, дуб є мезоксерофілом, клен гостролистий і береза повисла є

мезофілами, липа та ясен є ближчими до мезогігрофілів, а вільха чорна є гігрофілом. При цьому дуб може рости від суборів до грудів, сосна – від борів до сугрудів, клен гостролистий і липа – у сугрудах і грудах, береза – від борів до сугрудів, ясен – переважно у грудах, вільха – від суборів до грудів [107].

За іншим підходом за даними описів для 3700 видів судинних рослин флори України побудовані детальні екологічні шкали, що покладено в основу синфітоіндикації [26, 133]. Шкали беруть до уваги 12 чинників. Серел них 4 кліматичні – термоклімат (Tm), кріоклімат (Cr), континентальність (Kn) та омброрежим (Om), 7 едафічних – вологість ґрунту (Hd), змінність зволоження ґрунту протягом сезону (Fh), аерація ґрунту (Ae), доступність сполук азоту (Nt) та карбонатів (Ca), кислотний (Rc) і сольовий (Sl) режими, а також – освітленість (Lc).

Врахування відповідних шкал, побудованих для сотень видів дерев, кущів і трав'янистих рослин надало змогу побудувати циклограми зміни середніх значень екологічних факторів та прогнозувати поширення окремих видів у разі зміни клімату [27, 50].

В урбоценозах під час підбору асортименту видів дерев слід брати до уваги як їхню витривалість до дії чинників навколишнього середовища, так і спроможність виконувати різноманітні екологічні функції (екосистемні послуги) [152]. Така спроможність тісно пов'язана з характеристиками дерев, деякі з яких обумовлені видовою належністю, а інші – станом рослин у певних умовах. Так розмір та щільність крони впливають на спроможність дерева затінювати та охолоджувати навколишній простір [66, 67]. Помітну роль відіграють також висота дерева та форма листків [86]. Насіння та плоди дерев у місті забезпечують корм птахам, а нектар – запилювачам [115]. Дерев з великим листям пом'якшують спеку, а барвисте листя підвищує декоративну цінність [55, 60]. Листя, що містить багато антоціанів, восени залишається декоративним упродовж тривалішого часу, а також види з червоним листям краще виживають у ґрунті з високим вмістом важких металів [140].

У житлових районах надається перевага деревам, що мають естетичну цінність, але не спричиняють алергію [115]. Водночас у зонах з інтенсивним рухом транспорту основними функціями дерев є зменшення впливу викидів і шуму [158].

Як критерії відбору дерев для міських насаджень беруть до уваги фенологічні, фізіологічні та морфологічні характеристики, які називають функціональними ознаками видів [175]. Такі ознаки визначають, як кожен вид взаємодіє з екосистемою та як він реагує на фактори навколишнього середовища, зокрема забруднення повітря. Наприклад, дерева зі специфічними характеристиками листя зменшують забруднення повітря шляхом утримування атмосферних частинок, які осідають на поверхні листя [177].

Так у м. Дніпро виявлено процеси ксерофітизації анатомічної будови листків дерев роду *Tilia* Mill., що ростуть в умовах забруднення вихлопними газами автотранспорту на тлі зменшеного забезпечення вологою [94]. Серед трьох видів лип за характеристиками анатомо-морфологічної структури листків найбільш пристосованим видом виявилася *T. tomentosa* Moench.

Зміну клімату навряд чи можна зупинити, але можливо запровадити певні адаптаційні заходи, спрямовані на зменшення уразливості урбоекосистем [106]. Такі заходи насамперед стосуються зниження викидів парникових газів в атмосферне повітря та озеленення міста, зокрема розширення кількості зелених зон, розміщення «зелених зупинок», «дощових садків», розумний вибір та поєднання видів рослин, підвищення рівня екологічної свідомості населення.

Оцінювання спроможності окремих видів дерев поглинати пил і газоподібні викиди [158, 160], а також витривалість до дії різноманітних природних і антропогенних чинників [65, 68, 122, 138, 194] дало змогу визначити перелік видів для формування складу насаджень населених пунктів [30, 196–197].

У Полтаві дослідження були присвячені складу зелених насаджень [29, 101–104, 110], зокрема у парках [4, 13], оцінюванню життєвого стану дерев [17, 18, 91] та санітарно-гігієнічних і оздоровчі властивості дерев та кущів [86].

Так у насадженнях м. Луцька дерева представлені 83 видами [51]. В історичній частині Києва виявлено 182 види і 82 декоративні форми дерев і кущів, 118 з яких – інтродуценти [89, 90]. Більшість видів (81) зосереджені у скверах і на прибудинкових територіях, на вулицях виявлено 37 видів, де 70 % екземплярів припадають на *Tilia cordata* Mill., *T. platyphyllos* Scop., *Aesculus hippocastanum* L., *Acer platanoides* L., *A. saccharinum* L., *A. negundo* L., *Populus italica* Rosier. і *P. nigra* L [89, 90].

У Центральній Європі найчастіше висаджують уздовж міських вулиць дев'ять видів дерев: *Acer pseudoplatanus* L., *Ailanthus altissima* P. Mill., *Betula pendula* Roth, *Carpinus betulus* L., *Ginkgo biloba* L., *Platanus × hispanica* Mill. Ex Muenchh. “*Acerifolia*”, *Quercus robur* L., *Robinia pseudoacacia* L. та *Tilia cordata* Miller [129]. Дослідження виявили, що *Betula pendula* та *Robinia pseudoacacia* можна вважати ідеальними недорогими кандидатами для фітореMediaції. Через їхню високу витривалість, стійкість до забруднення та їх характеристику як піонерних видів, обидва види можуть бути додатково взяті до уваги як біомонітори або через їхню здатність відловлювати листя. *Tilia cordata* також підходить для фітореMediaції в міському середовищі завдяки своїй здатності уловлювати, що може надати цінну інформацію про забруднювачів повітря.

1.3. Стійкість і стан дерев в урбоценозах

Стійкість дерев в урбоценозі визначається певними морфологічними, фізіологічними, фенологічними та іншими так званими функціональними рисами, які визначають функціональну реакцію організму на певні параметри або явища в навколишньому середовищі [115]. Функціональні риси пов'язані

з екологічними функціями дерев. Так підвищенню життєздатності дерев в умовах посухи може сприяти збільшення ефективності використання води шляхом розвитку коріння вглиб ґрунту або зменшенням утрати вологи завдяки реакції продихів, зменшення площі поверхні листя або провідності ксилеми [132, 137].

Згідно з флористико-фауністичним рівнем різноманіття рослин зменшується від периферії до центра міста, що найкраще показано на прикладі лишайників [5]. На рівні біоценозів показано зміни видового складу рослин від лісових до центральних міських ділянок [88]. У міру пересування до більш порушених ділянок зменшується представництво гетеротрофів другого порядку та деструкторів [108].

Життєздатність дерев оцінюють за зовнішніми ознаками: розміром, формою, щільністю та прозорістю крони, наявністю водяних пагонів [17, 44, 69, 74, 97, 123]. Глибші оцінювання здійснюють на різних рівнях.

Так В.П. Кучерявий виділяє фізіолого-біохімічний (клітинний), анатомо-морфологічний (організмний), популяційний, ценотичний і біогеоценотичний рівні реакції на так званий комплексний урбогенний градієнт середовища (КУГС) [58].

В.П. Кучерявим показано на клітинному рівні, що сила всмоктування листя липи широколистої та гіркокаштана звичайного у Львові збільшується від центру міста Львів до периферії, але наприкінці вегетаційного періоду цей показник зменшується, а листя раніше опадає [58].

На рівні організму у міру збільшення антропогенного навантаження виявляють ксероморфізм листових пластинок, зменшення площі та потовщення, зміни структури, форми та розмірів крони, збільшення її ажурності внаслідок зменшення кількості та розміру листків. Зменшуються лінійний приріст пагонів поточного року, приріст дерев за висотою та діаметром, розмір генеративних органів, а також період вегетації (внаслідок передчасного опадання листя) [5, 18, 22].

Відомо, що стійкість насаджень визначається не тільки властивостями окремих видів, але й їхнім різноманіттям [8, 198]. Водночас вуличні насадження часто складаються з невеликої кількості видів дерев, оскільки врахування вимог різних видів до умов вирощування ускладнює здійснення догляду [123].

Водночас деякі види дерев, які наразі виявляються стійкими, можуть не витримати прогнозованих змін клімату [27]. У зв'язку з цим дослідники пропонують для підвищення стійкості міських насаджень до майбутніх абіотичних і біотичних стресів збільшувати різноманіття видів дерев з урахуванням принадності для них місцевих умов [50, 114].

У містах серед абіотичних чинників впливу на дерева основними є забруднення ґрунту та дефіцит вологи внаслідок його ущільнення. У Парижі, де традиційно для озеленення використовують липу, вирощували дерева в умовах різного вмісту мікроелементів та різних водних режимах (достатнє зволоження, зневоднення та регідратація) [113]. Встановлено, що вміст хлорофілів *a* і *b* у листі під час дегідратації значно зменшувався, а у разі збільшення вмісту свинцю – підвищувався. Водночас вміст хлорофілів збільшувався у міру збільшення концентрації міді в оптимальних фізіологічних діапазонах.

Як ефективність фотосинтезу, так і стійкість до умов середовища дерев зменшуються у міру сезонного старіння листків [125]. У Польщі оцінювали міцність листків і вміст фотосинтетичних пігментів у листі липи та клена. Встановлено, що міцність листків і «зеленість» листя були мінімальними навесні, а максимальними влітку. Визначено відмінності фізіологічних і механічних властивостей листя цих видів дерев навіть в однакових умовах навколишнього середовища (параметри міцності та вміст фотосинтетичного пігменту були значно вищими для листя клена, ніж для листя липи).

На стан дерев як у природних екосистемах, так і в урбоценозах впливають біотичні чинники – взаємодія з іншими рослинами у вигляді

конкуренції або алелопатії, пошкодження комахами та кліщами-фітофагами, ураження збудниками хвороб [57, 70].

Дія біотичних чинників підсилюється у разі ослаблення дерев абіотичними чи антропоічними чинниками. В умовах атмосферного забруднення рослини відіграють роль біофільтра, причому токсичні речовини частково накопичуються у клітинах листової пластинки, частково знешкоджуються [3, 18, 60]. За високого вмісту рівня токсикантів збільшується площа некрозів листової поверхні, загибель окремих листків, частин крони і дерев загалом [88, 112].

Усі чинники, які негативно впливають на ріст і стан дерев, підвищують їхню сприйнятливість до заселення дерев шкідливими комахами й ураження збудниками хвороб, тобто до дії біотичних чинників [131].

Оскільки в містах вирощують як аборигенні, так і екзотичні види рослин, з останніми проникають чужоземні шкідливі організми [162, 164, 194]. Якщо ці види знаходять придатного живителя з місцевих видів, вони можуть стати небезпечними у навколишніх лісах [116]. У містах підвищена температура та ослаблення дерев під впливом антропоічних чинників сприяють зменшенню опору дерев до пошкодження й ураження [122].

Загалом масові розмноження комах листоїзів у містах відомі зрідка. Забруднення атмосфери та ґрунту, відсутність місць для зимівлі, зменшення тривалості вегетаційного періоду негативно впливає на динаміку популяцій цих комах [70, 71]. Так незважаючи на очікування більшого пошкодження листя у місті, *Acer rubrum* був сильніше пошкоджений у лісі [121].

Водночас за останні десятиліття змінився видовий склад комах-фітофагів: збільшилося представництво видів менших розмірів, поліфагів, індіферентних видів, а також сисних видів і видів із потаємним способом життя [148, 163, 165, 170]. У поширенні та щільності популяцій комах-фітофагів на окремих видах дерев відіграють роль певні морфологічні риси чи географічне походження живителів [111].

Водночас відомі випадки більшого пошкодження листя дуба (*Quercus lobata*) на заході США на деревах, які піддаються впливу викидів транспортних засобів. У лабораторії гусениці також віддавали перевагу живленню листям дерев, що прилягають до шосе [161].

У міських і сільських ділянках м. Базеля (Швейцарія) оцінювали заселення і пошкодження комахами-мінерами, галоутворювачами та листогризами трьох видів дерев (платана, бука та ясена) [170]. Було встановлено, що поширення галів на листі платанів залежить від рівня урбанізації. Водночас показники заселення бука галицями чутливо реагували як на збільшення рівня урбанізації, так і на зменшення площі насаджень. На рівень пошкодження листя платана мінерами та листогризами залежала як від рівня урбанізації, так і від площі насаджень. Стосовно мінерів на ясені такої залежності не виявлено.

Як відомо [187], різноманіття дерев позитивно впливає на стійкість насаджень. Низьке різноманіття дерев у містах є однією з причин більшого пошкодження листя комахами [175, 182, 189, 192].

У містах досліджено поширення комах, кліщів і грибів та рівень пошкодження чи ураження різних видів дерев. Так у м. Дніпро на клені *Acer tataricum* виявлено 28 видів комах-філофагів і антофагів (шкідників квітів), а також ураження листя грибом *Taphrina acerina* (A.G.Eliasson) Giesenh. та збудниками борошнистої роси [33]. Листя дуба *Q. robur* у паркових і вуличних насадженнях м. Дніпро і смт. Гвардійське пошкоджували 55 видів комах-філофагів із 22 родин 5 рядів [32]. Серед типів пошкоджень переважали обгризання, скручування і мінування листків, але також виявляли галоутворення, зміни забарвлення, проколи та гофрування.

У зелених насадженнях Харкова під час вивчення поширення комах-мінерів листя доведено приуроченість японської липової молі-строкатки *Phyllonorycter issikii* до лісових насаджень [73, 75]. Водночас поширеність

каштанового мінера *Cameraria ohridella* була більшою у парках, ніж у вуличних насадженнях [1, 72, 109, 168].

У зелених насадженнях м. Харкова листя з погризами виявлені найчастіше на в'язі, міни – на дубі, уколи та гали – на липі [46, 47, 57, 98–100].

Пошкодженість листя комахами з відкритим способом життя була найбільшою у Лісопарку, а найменшою у вуличних насадженнях, у центрі міста – меншими, ніж на околицях, і найменшою на вулицях із високою інтенсивністю руху транспорту [105, 150].

Водночас деякі види комах і грибів збільшують поширеність у насадженнях, що знаходяться під впливом викидів транспорту, але в умовах високої інтенсивності руху транспорту знову зменшують чисельність і навіть зовсім не трапляються [121, 150]. Зазвичай найбільш стійкими до техногенного забруднення виявляються види комах і кліщів із потаємним способом життя [148, 163, 172], зокрема види, що розвиваються під корою [169].

Прикладом останніх є ясенова смарагдова вузькотіла златка *Agrilus planipennis* Fairmaire, 1888 (Coleoptera: Vuprestidae), яка має походження зі східної Азії, але поширилася наприкінці 1990-х рр. на американський континент і в Росію [130]. З 2019 року шкідника виявлено в Луганській області України, у 2021 році він поширився в усій Луганській області і в частині Харківської області, а у 2022 році його виявлено у парках Києва [166]. Станом на 2024 рік ясенова смарагдова вузькотіла златка заселяла дерева різних видів ясена (*Fraxinus* L.) в усіх районах м. Харкова у вуличних і паркових насадженнях, незалежно від поширення джерел техногенних викидів [169]. Заселення дерев ясеновою смарагдовою вузькотілою златкою призводить до їхнього швидкого ослаблення та загибелі.

Таким чином, питання моніторингу стану дерев в умовах міст набувають усе більшої актуальності.

1.4. Древа – індикатори стану середовища в урбоценозі

Вплив різних чинників на дрва у містах оцінюють за показниками росту і санітарного стану. Такий вплив досліджено стосовно дрв, які найбільш поширені у міських насадженнях, – *Acer platanoides* L. [15, 35, 98, 100, 119, 125, 154, 167], *Tilia cordata* Mill. [16, 21, 31, 48, 49, 54, 64, 76, 99, 113, 125, 142, 149, 185, 191], *Aesculus hippocastanum* L. [53, 72, 109, 147, 155, 179], *Robinia pseudoacacia* L. [136, 154, 193], *Populus* spp. [156].

Вплив чинників різної природи на стан і ріст дрв в урбоценозах залежить як від виду дрв, так і від урбогенних градієнтів середовища, пов'язаних із особливостями забудовлі, площі й типів насаджень, розміщення транспортних шляхів, промислових об'єктів тощо [176, 177]. Оцінювання зазначених впливів інструментальними методами вимагає значних витрат коштів, праці та часу. Навіть вимірювання температури повітря для порівняння має бути проведено одночасно в багатьох точках. Живі організми слугують індикаторами стану природного середовища, які надають комплексну оцінку впливу сукупності чинників в окремих точках чи зонах обліку [113].

Так застосування деяких дрв як індикаторів дат сезонного розвитку природи базується на тому, що сокорух починається після стійкого переходу температури повітря через 5°C, а розгортання листя – після стійкого переходу температури повітря через 10°C. На окремих ділянках лісу ці явища відбуваються в різні дати, інтервал між якими може сягати тиждень і більше [164]

Для визначення видів дрв та їхніх рис, які змінюються під впливом тих або інших несприятливих чинників і можуть бути оцінені з мінімальними витратами часу та коштів, у різних країнах проведено низку досліджень.

Вже майже двадцять років досліджують різноманіття, життєвий стан дендрофлори у м. Дніпро та зміни окремих характеристик дерев у міру збільшення техногенного навантаження [5–12, 36–42, 62, 85, 93, 94, 118, 119].

Так дослідження однорічних пагонів *Robinia pseudoacacia* в м. Дніпро виявило, що цей вид дерев є стійким до промислових викидів з великим вмістом SO₂ та NO₂ [193].

У Болгарії доведено збільшення шару палісадної тканини та зменшення губчастої паренхіми листків *Acer campestre* за високих рівнів промислового забруднення [134]. Встановлено, що у *A. campestre* іонний баланс меншою мірою порушувався внаслідок сольового стресу, ніж у *A. platanoides* [134].

У Пловдиві (Болгарія) під час дослідження стану дерев *Tilia tomentosa*, *Fraxinus excelsior* та *Pinus nigra* визначено, що у міру підвищення інтенсивності урбанізації збільшувалися пошкодження листя, вміст токсичних елементів у листі та інтенсивність фотосинтезу, але зменшилися швидкість транспірації та провідність продихів [175]

В Івано-Франківську виявлено особливості поширення важких металів у ґрунтах різнофункціональних екотопів урбоєкосистеми та інтенсивність акумуляції полютантів листками липи серцелистої (*Tilia cordata* L.) [21]. Це дало змогу визначити тісні кореляційні взаємозв'язки між морфологічними змінами листкової пластинки та рівнем забруднення навколишнього середовища важкими металами.

У Румунії встановили, що у листі *Juglans regia* та *Robinia pseudoacacia* вміст хлорофілу та рівень антоціанів залежав від району міста [134].

Дослідження в Китаї виявили, що товщина листя *Euonymus japonicus*, вміст сухої речовини в листі, щільність листкової тканини та щільність продихів позитивно корелювали із вмістом твердих частинок в атмосфері. Водночас індекс вмісту хлорофілу та питома площа листя негативно корелювали з показником забруднення повітря [195].

У м. Дніпро встановлено зменшення вмісту хлорофілів $a + b$ та каротиноїдів у листі багатьох видів дерев на ділянках інтенсивного руху транспорту, що особливо помітно в серпні [118]. Найбільш помітне зниження вмісту хлорофілу a відбувалося в листках *Betula pendula*, *Ae. hippocastanum*, *Acer platanoides* і *Tilia cordata*, хвої *Pinus pallasiana*, *Picea abies* та *P. pungens*, а у листі *Robinia pseudoacacia* та *Platanus orientalis* цей показник залишався практично без змін.

У Відні (Австрія) оцінювали стійкість дерев *Acer platanoides*, *Fraxinus excelsior* та *Quercus robur* до забруднення повітря уздовж градієнта урбанізації: у міському парку (міська зона), на околиці міста (приміська зона) і в лісистій місцевості (сільська місцевість) [120]. Було доведено, що чутливими індикаторами забруднення повітря є відносний вміст в листі води, аскорбінової кислоти та хлорофілу, а також рН екстрактів листя.

Зміни морфологічних параметрів листків залежно від інтенсивності забруднення повітря реєстрували в різних регіонах на окремих видів дерев, зокрема липи у Вроцлаві [149], дуба *Quercus ilex* L. у середземноморських країнах [115], в Китаї – у сосни (*Pinus tabuliformis* Carr.) [184].

Так хвоїнки *Pinus tabuliformis* у Пекіні (Китай) у насадженнях на узбіччях доріг мали менші довжину, ширину та площу, а також меншу щільність продихів, ніж на деревах, що ростуть у парках та на околицях міста. Щільність продихів, ширина листя та вміст фосфору в листі підвищувалися у міру збільшення відстані від центру міста, тоді як концентрація калію в листі зменшувалася зі збільшенням відстані від центру міста [184].

У міських насадженнях Ланьчжоу (Китай) досліджували окремі показники листя дерев і кущів: *Cedrus deodara*, *Picea asperata*, *Prunus cerasifera*, *Prunus triloba*, *Fraxinus chinensis*, *Euonymus maackii*, *Euonymus japonicus* та *Forsythia suspensa* [144]. Було встановлено, що всі види в садах і парках були більшою мірою адаптовані до міського середовища, зокрема мали великі розміри листя. Водночас у листі дерев, що росли в насадженнях дворів

і вулиць, визначено високий вміст вуглецю, сухої речовини, співвідношення вуглецю та азоту і співвідношення вуглецю та фосфору в листі (C/P).

У Чикаго (США) листки *A. platanoides* мали більший розмір у міських районах, а лист *T. cordata* не виявили зміни розміру вздовж градієнту забруднення повітря [144]. Водночас обидва види дерев продемонстрували вищі показники інтенсивності фотосинтезу і транспірації у місті, ніж за його межами.

У Пловдиві (Болгарія) у міру наростання техногенного забруднення повітря визначено збільшення вмісту токсичних елементів та підвищення інтенсивності фотосинтезу у листі *Tilia tomentosa*, *Fraxinus excelsior* та *Pinus nigra*, тоді як інтенсивність транспірації та провідність продохів зменшилась [175]. За однакового техногенного навантаження молоді дерева були більш чутливими до зовнішніх впливів через менші розміри кореневої системи та крони. Найбільш уразливими були саджанці, які вирощували за межами міста, а потім висаджували в містах, де дерева мали протистояти як стресу від переміщення, так і впливу забруднення повітря.

Дослідження у Болгарії дали змогу рекомендувати вирощувати в міському середовищі *Aesculus × carnea* замість *Aesculus hippocastanum*, а вічнозелені види *Taxus baccata* та *Picea abies* виявилися дуже уразливими до дії токсикантів, що потрапляють у повітря від транспортних засобів [175].

Узагальнення результатів досліджень, проведених у різних країнах Європи з помірним кліматом, дало змогу рекомендувати використовувати як біоіндикатори забруднення навколишнього середовища *Acer platanoides*, *Aesculus hippocastanum*, *Betula pendula*, *Populus nigra*, *Salix fragilis* і *Cotoneaster lucidus* [174].

У Туреччині оцінювали накопичення Ва, Na та Са у листках, насінні та гілках *Acer negundo*, *Aesculus hippocastanum*, *Tilia platyphyllos*, *Prunus ceracifera* та *Ailanthus altissima*, які найчастіше використовують в озелененні міських територій. Було встановлено значуще наростання вмісту барію у

тканинах дерев у міру збільшення інтенсивності руху транспорту [117]. Найбільш ефективно поглинали барій *Aesculus hippocastanum* та *Tilia platyphyllos*.

На північному сході США найбільш стійкими видами до стресорів виявилися *Ginkgo biloba*, *Gleditsia triacanthos*, *Quercus* spp. та *Ulmus* spp., але жоден вид не був зазначений як стійкий до всіх стресорів [124].

В.І. Парпан і М.М. Миленька [88] пропонують деяку модифікацію цієї класифікації та рекомендують до застосування під час біомоніторингових досліджень урбанізованих і техногенно змінених екосистем такі біоіндикатори. На молекулярному рівні стан фотосинтетичної системи ці автори пропонують оцінювати за вміст хлорофілу *a*, хлорофілу *b* та каротиноїдів, особливості нітрогенного обміну – за вмістом білкового, небілкового та загального нітрогену, а також оцінювати внутрішньоклітинні концентрації «стресових сполук» (наприклад, вільного проліну). На клітинному рівні рекомендовано оцінювати стан репродуктивних структур, зокрема частку безкрохмального та непророслого пилку, довжину пилкових трубок та морфологічні аномалії пилкових зерен. На рівні органів оцінюють площу листової пластинки та площу листків із наявністю дехромації та некрозів. На організово-популяційному рівні пропоновано оцінювати тривалість генеративного періоду та інтенсивність дефоліації, а на екосистемному рівні – продуктивність у трофічних ланцюгах і кругообіг хімічних елементів (наприклад, нітрогену та зольних елементів).

Стан дерев оцінюють з урахуванням стану крони та стовбура. Відомі різні підходи до оцінювання дерев. У лісовому господарстві України для оцінювання санітарного стану дерев застосовують шестибальову шкалу: 1 – здорові; 2 – ослаблені; 3 – сильно ослаблені; 4 – всихаючі; 5 – свіжий сухостій; 6 – сухостій минулих років [97]. Під час наукових досліджень додатково оцінюють рівень дефоліації, дехромації, частку сухих гілок у кронах, поширеність водяних пагонів, окоренкових гнилей, механічних пошкоджень

стовбурів, а також деякі симптоми та ознаки, характерні для специфічних видів пошкоджень і уражень [69]. Так поширеність омели (*Viscum sp.*) оцінюють за кількістю заселених дерев, а інтенсивність ураження – за середньою кількістю кущів на одному дереві та за розміром кущів [100]. Поширеність комах-мінерів оцінюють за часткою пошкоджених листків і за площею листка, зайнятою мінами [72].

Застосування для біоіндикації показників рослин, які можна оцінити кількісно або балами, умовно поділяють на групи.

Найбільш поширеною є площа пошкодженої чи ураженої листової пластинки або її частка у відсотках. На деяких рослинах можливо оцінити площу нових пошкоджень за певний проміжок часу. У хвойних рослин оцінюють вік і довжину хвоїнок, частку пошкоджених хвоїнок, зміни їхнього кольору.

Під час оцінювання показників росту чи продуктивності рослин на ділянках із різним рівнем антропогенного впливу визначають швидкість збільшення площі листка, довжини пагона, співвідношення кількості квіткових бруньок і квіток, квіток і плодів, розміри плодів чи шишок, кількість насінин та їхню масу у плоді. У сіянців і трав'янистих рослин оцінюють співвідношення довжини чи маси наземної та підземної частин.

Залежно від тривалості часу до прояву і особливостей біоіндикаційних реакцій розрізняють шість типів чутливості. I тип: біоіндикатор протягом певного часу не реагує на дію (відсутність ефективного рівня), після чого дає сильну одноразову реакцію і втрачає чутливість (вище верхнього ефективного рівня). II тип: реакція миттєва і сильна, але триває деякий час, після чого різко зникає. III тип: з моменту появи ушкоджуючого впливу біоіндикатор реагує протягом тривалого проміжку часу з однаковою інтенсивністю. IV тип: миттєва сильна реакція змінюється її припиненням, яке спочатку відбувається швидко, а потім повільніше. V тип: поява ушкоджуючого впливу супроводжується реакцією, інтенсивність якої зростає до максимальної

величини, після чого поступово припиняється. VI тип: багато разів повторюється реакція V-го типу; характерна осциляція показників біоіндикації.

Інші дослідники [5] беруть до уваги також анатомо-цитологічні, генетичний, біоритмічний, флористичний і ландшафтний рівні.

Так у промислових центрах рослини характеризуються дрібнішими листками, які мають більшу товщину та дрібніші клітини. Зменшуються товщина верхнього епідермісу, кутикули, палісадної тканини, кількість шарів палісадної тканини, збільшується кількість продихів на 1 мм² поверхні та зменшується їхня апертура (отвір). Водночас рослини, які є стійкішими до дії токсикантів, мають товстішу кутикулу, опушення і восковий наліт.

Листя рослин змінює забарвлення внаслідок дефіциту або надлишку певних елементів у середовищі [95, 96]. Так унаслідок руйнування хлорофілу листя набуває блідого забарвлення між жилками – хлороз. Водночас хлороз може бути викликаний у разі підвищеного вмісту у ґрунті міді, цинку чи алюмінію або у разі дефіциту заліза та марганцю. Під впливом SO₂ у листі накопичується антоціан.

Серед функціональних ознак, що визначають успішність виживання дерев, беруть до уваги площу листя, питому площу листя та вміст сухої речовини в листі. Це – макроморфологічні показники, які легко вимірювати, і які є чутливими до змін навколишнього середовища [177]. Інші функціональні властивості листя (мікроморфологічні) – щільність продихів, товщина листкової пластинки та мінімальна фотосинтетична одиниця впливають на первинну продуктивність, біогеохімічні цикли та темпи розкладання органічної речовини.

Для розуміння особливостей реакції дерев на урбанізацію у Колумбії порівнювали міські, приміські та сільські райони за чотирма функціональними показниками (площею листя, питомою площею листя, вмістом сухої речовини в листі та щільністю деревини [178]. Визначено вищі температуру та вміст

сухої речовини і меншу питому площу листка, але не виявлено значущих відмінностей між районами. Зроблено висновок, що в урбоценозах слід віддавати пріоритет видам, які сприяють охолодженню середовища, виявляють стійкість до стресу та спроможні адаптуватися до зміни клімату, і тому важливо застосовувати рослини з різними комбінаціями функціональних ознак.

Окремої уваги варті показники, пов'язані з фенологічною ритмікою рослин [173]. Інтенсивність і характер біологічних явищ і процесів змінюються протягом доби та сезону. Це надає змогу рослинам пристосуватися до змін освітлення, температури та інших чинників. Рослини кожного регіону і навіть місцевості пристосувалися за тривалий період еволюції до середніх багаторічних дат настання весни, літа, осені та зими, а також до коливань цих дат у певних межах. Це виявляється в закономірному чергуванні закладання листків, бруньок і міжвузлів [60]. У місті, де температура повітря вища, ніж у навколишніх лісах, весна настає раніше, зокрема раніше відбувається розмерзання та прогрівання ґрунту [71]. Навіть у межах однієї вулиці бруньки на освітленому боці розгортаються раніше. Різниця у датах настання цієї фенологічної фази між центром міста і околицями сягає двох тижнів. На одному дереві на гілках, що розташовані ближче до стін, розвиток листя розпочинається раніше на декілька днів [127]

Зазвичай у роки з раннім початком весни осінь настає пізніше. Водночас у містах листя дерев опадає завжди раніше, ніж за містом [60]. Це пов'язано значною мірою із забрудненням повітря та ґрунту. Іноді листя опадає влітку, а з бруньок, які мали б розпускатися наступної весни, розвиваються пагони. Часто це відбувається у дерев лип та гіркокаштана. Водночас відмічено більш пізнє опадання листя дерев, які ростуть біля джерел освітлення. Наслідком порушення умов середовища є також вторинне цвітіння [58].

Рослини, які є стійкими до дії забруднювачів, характеризуються уповільненим розпусканням бруньок, швидким розвитком листків, тривалим

періодом росту вегетативних органів і коротким періодом цвітіння, порівняно низькою інтенсивністю метаболізму. Для нестійких видів є характерним раннє тривале цвітіння та висока інтенсивність обміну речовин [56].

Зазвичай вплив техногенних викидів оцінюють за перебігом фаз розвитку листків, квіток, пагонів і плодів. Найчастіше листкові бруньки розкриваються на початку вегетаційного періоду. Бруньки інших видів дерев набрякають і збільшують розмір, але луски розшаровуються пізніше [127].

У випадку сильного пошкодження пагонів пізніми весняними приморозками чи комахами-листогризами ранньої весняної групи (гусеницями листовійок чи п'ядунів) розвиваються пагони зі сплячих бруньок. За несприятливих умов, зокрема спекотного літа, можлива поява листків улітку та восени [164].

Зазвичай вегетативні пагони завершують ріст одночасно з формуванням квіткових бруньок. У Любліні (Польща) встановлено, що послідовність цвітіння досліджуваних видів липи є постійною протягом вегетаційного періоду: *T. platyphyllos*, *T. americana*, *T. cordata*, *T. × euchlora* та *T. tomentosa*, причому найбільший вміст пилоквих зерен липи в повітрі (які є алергенами), припадає на період повного цвітіння *T. cordata* [191]. У роки значного підвищення температури річна кількість пилку зросла більш ніж утричі, що збільшує загрозу пилкової алергії в Центральній Європі вже у другій половині травня. Тому рекомендовано насадження липи в нових міських зелених зонах створювати на деякій відстані від житлових масивів.

До показників оцінювання стану дерев належать діаметр стовбура на висоті 1,3 м, кількість, довжина та діаметр гілок, а також радіальний приріст.

У південно-східній Німеччині вимірювання довжини однорічних пагонів різних видів дерев виявило, що приріст лише молодих дерев (< 10 років) зменшувався в період посухи [153].

Дослідження у міських насадженнях Познані (Польща) встановили, що інтенсивність росту пагонів *Aesculus hippocastanum* позитивно залежить від

площі поверхні листя, тривалості фази його розвитку та інтенсивності фотосинтезу. Приріст розмірів листя та пагонів збільшується у міру підвищення вмісту азоту в листі, доступних форм калію і фосфору в ґрунті [155].

Дослідження *Aesculus hippocastanum* у міських насадженнях Познані (Польща) встановили найбільший негативний вплив на приріст дерев надмірного вмісту іонів хлору та меншою мірою, іонів кальцію у ґрунті, причому цей вплив посилювався у роки дефіциту опадів за підвищеної температури повітря [155].

Радіальний приріст дерев реагує як на кліматичні умови, так і на пошкодження дерев комахами та ураження грибами. Він змінюється в періоди інтенсивного плодоношення та в результаті проведення певних господарських заходів [52, 53, 76, 126, 151, 181]. В умовах техногенного забруднення радіальний приріст дерев може тимчасово збільшитися [52, 147, 159].

Радіальний ріст *Acer platanoides* та *A. pseudoplatanus* протягом літніх місяців збільшувався, а стосовно *Q. petraea* та *Q. rubra* змін не виявлено [134].

Таким чином радіальний приріст є інтегральним показником, який відбиває інтенсивність росту дерев на різних етапах онтогенезу, вплив абіотичних, біотичних і антропоічних чинників середовища та рівень адаптації дерев до таких змін.

Висновки до розділу

1. Дерева в урбоценозах піддані впливу абіотичних, біотичних і антропоічних чинників, причому чинники кожної групи та їхня взаємодія відрізняються від природних екосистем. Ґрунт ущільнений містить фрагменти будівельних матеріалів, а поверхня прикрита асфальтом. Повітря та ґрунт містять токсичні речовини, що надходять від промислових об'єктів і транспорту. Температура повітря підвищена під впливом діяльності

підприємств, транспорту, опалення приміщень і денного нагрівання будівель і покрить. Додатковими чинниками є вібраційно-акустичні навантаження та тумани, в яких сконцентровані забруднювачі повітря, а також механічні пошкодження дерев під час будівельних робіт та інших заходів. Згідно із цим важливим є визначення асортименту дерев, які максимально виконуватимуть екологічні функції та мінімально погіршать стан.

2. Асортимент дерев в урбоценозах переважно охоплює аборигенні види, пристосовані до екологічних умов регіону, але значну частку становлять чужоземні види, які мають високу декоративність. У межах України та значної частини Європи в урбоценозах переважають аборигенні представники родів *Acer L.*, *Tilia Mill.*, *Betula Roth.*, *Populus L.*, *Quercus L.* та чужоземні *Aesculus hippocastanum L.* і *Robinia pseudoacacia L.* Під час введення до складу нових видів слід оцінити їхню відповідність екологічним умовам та стійкість до дії специфічних для урбоценозів чинників.

3. Стійкість дерев в урбоценозах оцінюють на рівні клітин, організму, популяції та ценозу із застосуванням фізіологічних, біохімічних, морфологічних та інших методів, за якими порівнюють реакцію окремих видів дерев на дію чинників у певному градієнті її змін.

4. Зазначені дослідження дають змогу визначити види дерев, які є найбільш чутливими до змін досліджуваних чинників і на яких таку чутливість можливо оцінювати з найменшими витратами часу та праці (санітарний стан, морфометричні показники, поширення й інтенсивність пошкоджень і уражень).

РОЗДІЛ 2

ХАРАКТЕРИСТИКА РЕГІОНУ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Природні умови

Дослідження проведено на території м. Полтава – адміністративного центру Полтавської області, який знаходиться на 302 км на схід від Києва, у східній частині Полтавщини по обох берегах річки Ворскла. Територія Полтави розташована у Придніпровській низовині на рівнинному Полтавському плато та його прирічковому схилі в межах великої Східноєвропейської рівнини. Західна частина міста має більшу площу та розташована на висоті 150–159 м над рівнем моря на вододільному плато, яке розчленовано балками біля долини Ворскли на декілька виступів із плоскими вершинами. Східна частина м. Полтава знаходиться у заплаві та певною мірою на першій терасі річки Ворскли на висоті 78–100 м над рівнем моря. Східну межу міста утворює долина річки Коломак, яка впадає у Ворсклу [29].

Підґрунтя містить кам'яну сіль, яка залягає під містом на глибині 2 км, будівельні піски, лісоподібні суглинки. У західній частині міста поширені переважно темно-сірі лісові ґрунти та чорноземи, а в східній – дернові та лучні. На крутосхилах ґрунти зазнають ерозії, тому такі ділянки відведені під терасування й озеленення. Середній зважений вміст гумусу становить 3,8 %, вміст азоту, що легко гідролізується, за Корнфілдом низький (106,8 мг/кг), рухомих сполук фосфору за Чиріковим – високий (163,5 мг/кг), рухомих сполук калію за Чиріковим – високий (154,7 мг/кг).

Загалом ґрунти на території міста Полтави придатні для озеленення деревно-чагарниковими видами, які характерні для лісостепової зони. Зелені насадження ростуть на понад 20 % площі міста, серед яких обліковано 34 об'єкта природно-заповідного фонду.

У Полтаві мешкають близько 280 тис. осіб, тобто близько 3000 осіб /км². Адміністративно місто розділене на 3 райони: Шевченківський (колишній Жовтневий) (134,1 тис. мешканців), Київський (103,1 тис. мешканців) і Подільський (колишній Ленінський) (42,4 тис. мешканців).

Стаціонарні джерела викидають близько 1000 т забруднювачів повітря, тобто близько 8,5 кг на 1 км² території. Це зокрема: Приватне акціонерне товариство «Полтавський олійно-екстракційний завод-КЕРНЕЛ ГРУП» (Київський район); Полтавське обласне комунальне виробниче підприємство теплового господарства «ПОЛТАВАТЕПЛОЕНЕРГО» (Шевченківський район); Приватне підприємство «Полтавський ливарно-механічний завод» (Київський район); Приватне акціонерне товариство «Полтавський турбомеханічний завод» (Київський район); Сільськогосподарське приватне підприємство «РВД-Агро» (Старостинський округ Полтавської міської територіальної громади) тощо [19, 92].

Водночас лєвова частка усіх викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря територіальної громади надходить від автотранспорту. Полтавою проходять автомобільні дороги загального користування державного значення М-03 Київ – Харків – Довжанський, М-22 Полтава – Олександрія та Н-12 Суми – Полтава, а також європейські маршрути Е40 і Е584. Джерелом додаткового забруднення повітря є залізничні магістралі, зокрема Дарниця – Гребінка – Полтава-Київська – Харків (від заходу на схід), Знам'янка – Бурти – Кременчук – Полтава-Південна (з півдня), Полтава-Південна – Красноград (від залізничної станції Полтава-Південна). Обсяги таких викидів збільшуються. Так вміст діоксиду сірки в атмосферному повітрі становить від 2 мкг/м³ в районі парку «Перемога» до 4 мкг/м³ в районі вул. Заводської. Вміст оксиду вуглецю в різних частинах міста становив від 0,63 до 2,63 мг/м³, а діоксиду азоту від 22 до 50 мкг/м³ [19, 92].

Негативний вплив викидів стаціонарних і пересувних джерел на стан навколишнього середовища та здоров'я людини пом'якшують зелені

насаджень міста Полтава, які розміщені на вулицях, у 21 парку, 37 скверах, на 13 бульварах, 6 зелених зонах загальною площею близько 1,5 тис. га, а також усередині кварталів (дворах) і є складовою міського господарства [29, 106].

Саме оцінюванню стану зелених насаджень м. Полтава присвячено наші дослідження.

2.2. Клімат регіону та погодні умови років досліджень

Місто Полтава знаходиться в межах помірною кліматичного поясу, що зумовлює формування помірною континентального типу клімату. Зима м'яка, а літо тепле. Зазвичай у зимові місяці утворюється сніговий покрив. Переважають вітри із заходу, найбільша швидкість вітру у лютому. Зважаючи на зміни температури повітря та кількості опадів в останні десятиліття ми підраховали відповідні показники та пов'язані з ними (дати переходу температури через певні межі та гідротермічний коефіцієнт) за 30-річний період (1993–2022 рр.) [188] та порівняли з даними за роки, коли проведені наші дослідження (2021–2024 рр.).

Розрахунки свідчать, що за 1993–2022 рр. середня температура повітря року сягала 9°C (рис. 2.1). Температура повітря закономірно наростала навесні та зменшувалася восени, як це характерне для регіонів зі змінами сезонів. Найвищу середню місячну температуру визначено у липні (22,1°C), причому вона перевищувала 20°C також у червні (20,2°C) та серпні (21,6°C). Найнижче значення температури повітря відмічено у січні (-4,5°C), причому і у грудні, і у лютому цей показник мав від'ємні значення.

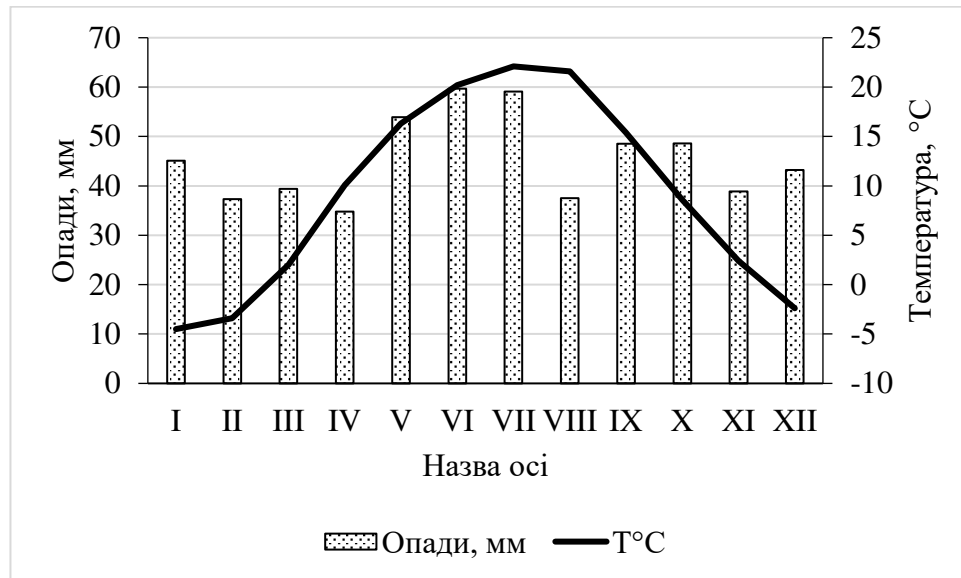


Рис. 2.1. Середні багаторічні (1993–2022 рр.) температура повітря та кількість опадів за окремі місяці (метеостанція Полтава: 49°35' пн.ш., 34°32' сх.д., 104 м н.р.м.).

Сума температур вегетаційного періоду становила 3231°C. Такі температурні умови є сприятливими для існування та розмноження багатьох видів рослин.

Середня за 1993–2022 рр. річна кількість атмосферних опадів становила 546 мм, зокрема за вегетаційний період – 293,5 мм. Опади у межах року розподілені порівняно рівномірно (див. рис. 2.1). Найбільшу місячну кількість опадів за середніми багаторічними даними визначено у червні та липні (59,7 та 59,1 мм відповідно), а найменшу – у серпні (37,5 мм). Порівняно невеликою є кількість опадів у квітні (34,8 мм), лютому (37,3 мм), серпні (37,5 мм) та вересні (38,9 мм).

Аналіз даних стосовно температури повітря в роки наших досліджень свідчить, що вона в більшості місяців перевищувала багаторічні значення (рис. 2.2).

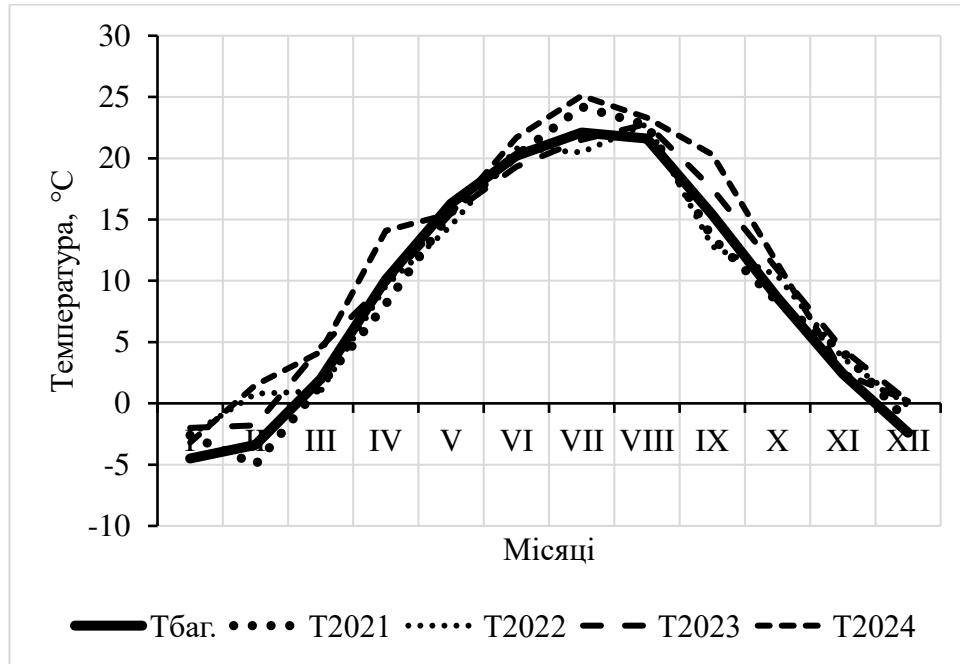


Рис. 2.2. Температура повітря за окремі місяці 2021–2024 р. і середня багаторічна (1993–2022 рр.)

(метеостанція Полтава; 49°35' пн.ш., 34°32' сх.д., 104 м н.р.м.).

Річна температура повітря 2021, 2022, 2023 і 2024 рр. становила 9,1; 9,5; 10,2 та 11,4°C та перевищувала багаторічні значення на 0,1; 0,5; 1,2 і 2,4°C, або на 1,1; 5,6; 13,3 та 26,7% відповідно. Водночас середня температура повітря вегетаційного періоду 2021, 2022, 2023 і 2024 рр. становила 17,4; 16,8; 17,7 та 20,0°C, тобто перевищувала багаторічне значення лише у 2023 і 2024 рр. (на 0,1 і 2,4°C, або на 0,7 і 13,5 %).

Температура окремих місяців 2021–2024 рр. у порівнянні з багаторічними даними помітно варіювала (табл. 2.1).

Як видно з табл. 2.1, температура повітря у січні, серпні, листопаді та грудні перевищувала багаторічні дані в усі роки, у травні всіх років поступалася багаторічним даним, а у лютому, березні, червні, липні, жовтні – перевищувала багаторічні дані лише в окремі роки, найчастіше у 2024 р.

Таблиця 2.1

Відхилення місячної температури повітря у 2021–2024 рр. від багаторічних значень (1993–2022 рр.) (метеостанція Полтава)

Місяці	2021 р.		2022 р.		2023 р.		2024 р.	
	абс., °С	відн., %	абс., °С	відн., %	абс., °С	відн., %	абс., °С	відн., %
I	1,9	-42,2	1,9	-42,2	2,5	-55,6	1,3	-28,9
II	-1,6	47,1	4,2	-123,5	1,6	-47,1	4,9	-144,1
III	-0,5	-25,0	-1,0	-50,0	2,6	130,0	2,2	110,0
IV	-2	-19,8	-0,5	-5,0	-0,3	-3,0	4,0	39,6
V	-0,7	-4,3	-1,8	-11,0	-0,8	-4,9	-0,8	-4,9
VI	0	0,0	0,6	3,0	-0,9	-4,5	1,5	7,4
VII	2,1	9,5	-1,6	-7,2	-0,6	-2,7	3,0	13,6
VIII	1,1	5,1	1,2	5,6	1,2	5,6	1,7	7,9
IX	-1,9	-12,3	-2,6	-16,9	2,1	13,6	4,9	31,8
X	-0,3	-3,5	1,8	20,9	2,3	26,7	2,8	32,6
XI	1,8	75,0	1,3	54,2	2,0	83,3	0,1	4,2
XII	0,9	-37,5	2,2	-91,7	2,6	-108,3	2,6	-108,3
Рік	0,1	1,1	0,5	5,6	1,2	13,3	2,4	26,7

Дати настання фенологічних фаз рослин і стадій організмів, які з ними трофічно пов'язані (комахи, кліщі, гриби тощо), залежать від перебігу температури окремих років, а взаємодія організмів різних трофічних рівнів і пов'язана із цим сприйнятливість рослин до пошкоджень і уражень від синхронності розвитку відповідних організмів.

Розрахунки свідчать, що за багаторічними даними у м. Полтава стійкий перехід температури повітря вгору через 0, 5, 10 і 15°C відбувався 5 березня, 27 березня, 16 квітня та 10 травня, а вниз – 18 вересня, 10 жовтня, 3 листопада та 1 грудня (табл. 2.2). Таким чином тривалість безморозного періоду становила 272 дні, періоду з температурою понад 5°C – 222 дні, з температурою понад 10°C – 178 днів, а з температурою понад 15°C – 130 днів.

Таблиця 2.2

**Дати стійкого переходу температури повітря через різні пороги
у 2021, 2022, 2023 і 2024 рр. і за середніми багаторічними (1993–2022 рр.)
даними метеостанції Полтава**

Період, роки	Наростання температури				Зниження температури			
	Д ₀	Д ₅	Д ₁₀	Д ₁₅	Д ₁₅	Д ₁₀	Д ₅	Д ₀
1993–2022	5.03	27.03	16.04	10.05	18.09	10.10	3.11	1.12
2021	9.03	1.04	24.04	14.05	11.09	6.10	10.11	8.12
2022	8.02	30.03	18.04	18.05	9.09	18.10	10.11	14.12
2023	23.02	18.03	17.04	13.05	27.09	20.10	13.11	18.12
2024	5.02	19.03	3.04	5.05	4.10	21.10	7.11.	*

Примітка: до кінця 2024 р. стійкого переходу температури через 0°C не відбулося.

В окремі роки досліджень дати стійкого переходу температури через певні межі змінилися (див. табл. 2.2.). Так у 2024 р. стійкий перехід температури повітря через 0°C навесні відбувся майже на місяць раніше від багаторічних даних, через 5°C – на 8 днів, через 10°C – на 13 днів. Водночас дати стійкого переходу температури вниз через подібні межі стали більш пізніми, зокрема перехід через 10°C у 2023 і 2024 рр. – на 10 і 11 днів пізніше від багаторічних значень (див. табл. 2.2).

Згідно з більш раннім початком і більш пізнім закінченням збільшилася тривалість безморозного періоду (з температурою >0°C) та періодів із температурою вегетаційного періоду понад 5, 10 і 15°C (рис. 2.3).

Так у 2023 і 2024 рр. тривалість періоду з температурою понад 15°C була більшою, ніж за багаторічними даними, на 6 і 21 день відповідно, з температурою понад 10°C – на 9 і 24 дні, понад 5°C – на 19 і 12 днів, перехід через 0°C – на 27 днів у 2023 році, а у 2024 році такого переходу восени взагалі не відбулося.

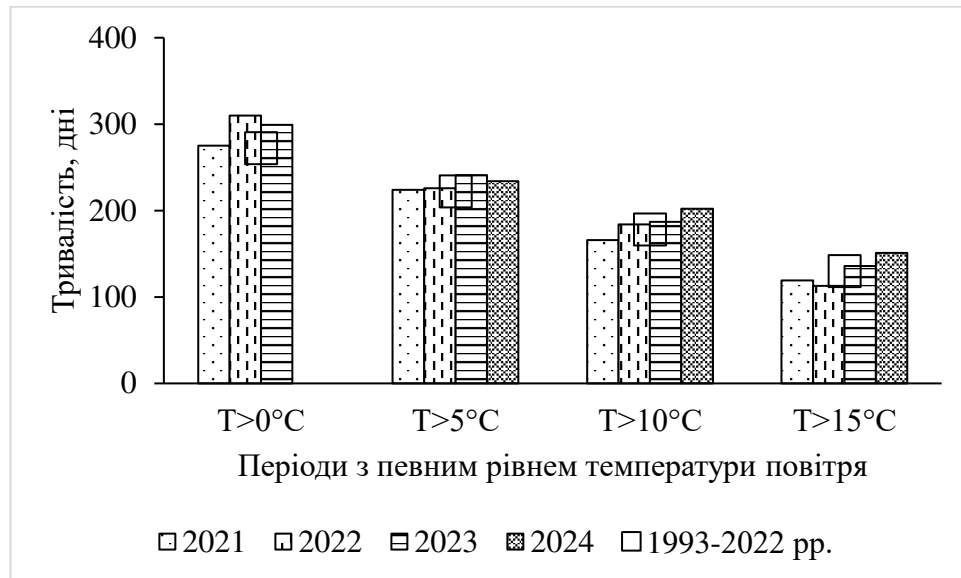


Рис. 2.3. Тривалість окремих етапів вегетаційного періоду у 2021–2024 р. і за середніми багаторічними даними (1993–2022 рр.) (метеостанція Полтава; 49°35' пн.ш., 34°32' сх.д., 104 м н.р.м.).

Середня річна кількість атмосферних опадів за багаторічними даними (1993–2022 рр.) становила 546 мм, а за вегетаційний період – 293,5 мм. Всупереч очікуванню у 2021–2023 рр. відповідні показники перевищували багаторічні значення, за винятком 2024 р., коли річна кількість опадів поступалася ним на 208 мм, або на 38,1 % (табл. 2.3).

Таблиця 2.3

Відхилення місячної суми опадів у роки досліджень (2021–2024 рр.) від багаторічних значень (1993–2022 рр.) (метеостанція Полтава)

Місяці	2021 р.		2022 р.		2023 р.		2024 р.	
	абс., мм	відн., %	абс., мм	відн., %	абс., мм	відн., %	абс., мм	відн., %
I	33,9	75,2	-1,1	-2,4	-27,1	-60,1	9,9	22,0
II	36,7	98,4	-12,3	-33,0	0,7	1,9	1,7	4,6
III	-26,4	-67,0	-16,4	-41,6	0,6	1,5	-15,4	-39,1
IV	18,2	52,3	37,2	106,9	60,2	173,0	-14,8	-42,5
V	0,1	0,2	-23,9	-44,3	0,1	0,2	-48,9	-90,7

Продовж. табл. 2.3

Місяці	2021 р.		2022 р.		2023 р.		2024 р.	
	абс., мм	відн., %	абс., мм	відн., %	абс., мм	відн., %	абс., мм	відн., %
VI	75,3	126,1	14,3	24,0	-24,7	-41,4	4,3	7,2
VII	-40,1	-67,9	50,9	86,1	-5,1	-8,6	-57,1	-96,6
VIII	33,5	89,3	38,5	102,7	31,5	84,0	-36,9	-98,4
IX	-5,5	-11,3	29,5	60,8	0,5	1,0	-44,5	-91,8
X	-43,6	-89,7	10,3	21,2	38,4	79,0	-20,6	-42,4
XI	4,1	10,5	19,5	50,1	80,1	205,9	24,1	62,0
XII	2,8	6,5	26,1	60,4	29,8	69,0	-8,2	-19,0
Рік	88	16,1	173,0	31,7	184,0	33,7	-208,0	-38,1

Кількість опадів за вегетаційний період 2024 р. становила лише 95,6 мм.

За середніми багаторічними даними найбільша кількість опадів випадала у травні–липні (рис. 2.4).

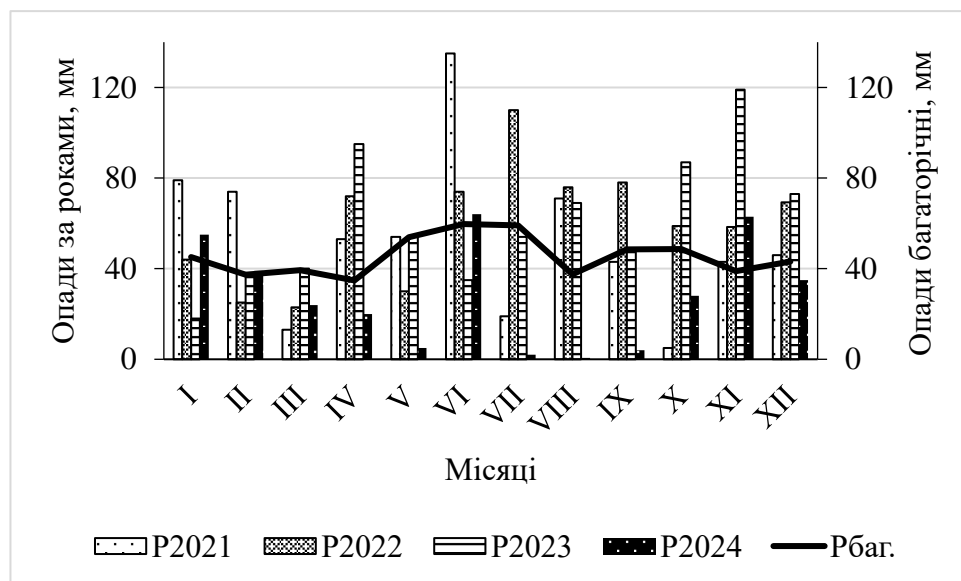


Рис. 2.4. Суми опадів за окремі місяці 2021–2024 рр. і середні багаторічні значення (1993–2022 рр.) (метеостанція Полтава).

Водночас у травні 2022 і 2024 рр. цей показник зменшився на 23,9 і 48,9 мм, у червні 2023 р. – на 24,7 мм, у липні 2022 і 2024 рр. – на 50,9 і 57,1 мм відповідно (табл. 2.3). У 2024 р. дефіцит опадів відмічено у більшості місяців, лише у листопаді відмічено перевищення багаторічної кількості опадів на 24,1 мм.

Варіювання показників температури та опадів в окремі місяці та роки є характерним для регіону, але їхній взаємний вплив відбиваються на датах фенологічних явищ рослин та їхніх фітофагів і патогенів.

Оскільки за більшої температури повітря збільшується випаровування, на сприятливість умов для рослин впливають взаємодії показників температури та опадів. Одним із показників оцінювання такої взаємодії є гідротермічний коефіцієнт Г.Т. Селянінова (ГТК). За багаторічними даними (1993–2022 р.), цей показник за вегетаційний період сягав 0,91 (рис. 2.5), що є характерним для регіонів зі стійким зволоженням [27].

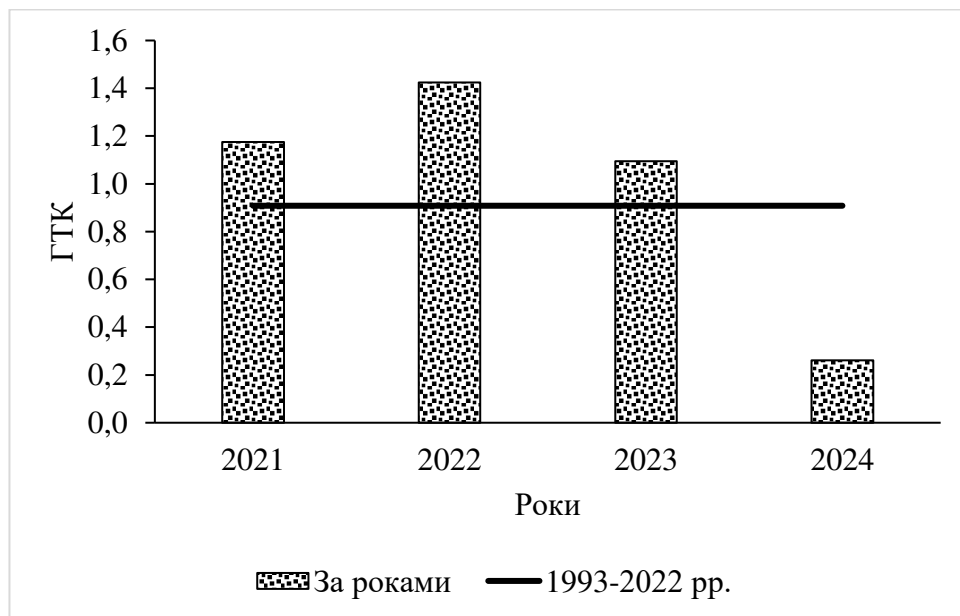


Рис. 2.5. Гідротермічний коефіцієнт Г.Т.Селянінова за вегетаційні періоди 2021–2024 рр. і середні багаторічні значення (1993–2022 рр.) (метеостанція Полтава).

У 2021–2023 рр. гідротермічний коефіцієнт перевищував середнє багаторічне значення, але у 2024 становив лише 0,26, що є на 0,65 одиниці, або на 71,3 % меншим від багаторічного значення (див. рис. 2.5).

Загалом для регіону за багаторічними значеннями є характерним поступове зменшення рівня зволоження від квітня до серпня, коли ГТК становить лише 0,5 (рис. 2.6). У 2021 р. найменше значення ГТК відмічено у

липні (0,25), у 2022 р. – у травні (0,67), у 2023 р. – у червні (0,60) з подальшим збільшенням до серпня.

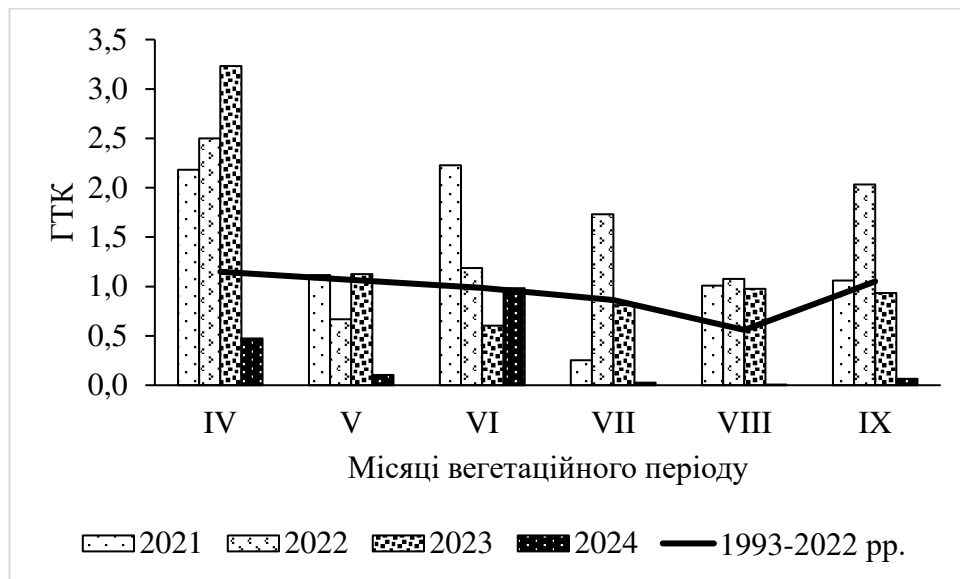


Рис. 2.6. Гідротермічний коефіцієнт Г.Т. Селянінова за окремі місяці вегетаційних періодів 2021–2024 рр. і середні багаторічні значення (1993–2022 рр.) (метеостанція Полтава).

У 2024 р. ГТК лише у червні (0,98) наближувався до багаторічних значень (0,99), а в решті місяців поступався ним на 58,8–98,5 % (див. рис. 2.6).

Таким чином, перебіг температури повітря останніх років був сприятливим для подовження періоду росту й розвитку рослин, але також для їхніх шкідників і патогенів. Водночас дефіцит зволоження міг негативно відбиватися на стійкості дерев до інших природних і антропогенних чинників.

Висновки до розділу:

1. Природні умови регіону досліджень придатні для озеленення деревно-чагарниковими видами, які характерні для лісостепової зони.

2. Основним джерелом забруднення повітря м. Полтава є транспортні засоби. Негативний вплив викидів стаціонарних і пересувних джерел на стан навколишнього середовища та здоров'я людини пом'якшують зелені насадження вулиць, парків, скверів, бульварів і зелених зон.

3. Клімат регіону помірно континентальний. Здійснено порівняння показників клімату за 1993–2022 рр. та за роки досліджень (2021–2024 рр.).

4. Річна температури повітря у 2021, 2022, 2023 і 2024 рр. перевищувала багаторічні значення на 0,1; 0,5; 1,2 і 2,4°C, або на 1,1; 5,6; 13,3 та 26,7% відповідно, а температура вегетаційного періоду перевищувала багаторічні значення лише у 2023 і 2024 рр. (на 0,1 і 2,4°C).

5. У 2024 р. стійкий перехід температури повітря через 0°C навесні відбувся майже на місяць раніше від багаторічних даних, через 5°C – на 8 днів, через 10°C – на 13 днів. Водночас дати стійкого переходу температури вниз через подібні межі стали більш пізніми, зокрема перехід через 10°C у 2023 і 2024 рр. відбувся на 10 і 11 днів пізніше від багаторічних значень.

6. Тривалість періоду з температурою понад 15°C була у 2023 і 2024 рр. більшою, ніж за багаторічними даними, на 6 і 21 день відповідно, з температурою понад 10°C – на 9 і 24 дні, понад 5°C – на 19 і 12 днів, перехід через 0°C – на 27 днів у 2023 році, а у 2024 році такого переходу восени взагалі не відбулося.

7. Середня річна кількість атмосферних опадів за багаторічними даними (1993–2022 рр.) становила 546 мм, а за вегетаційний період – 293,5 мм. У 2021–2023 рр. ці показники перевищували багаторічні значення, за винятком 2024 р., коли річна кількість опадів поступалася ним на 208 мм, або на 38,1 %.

8. У 2021–2023 рр. гідротермічний коефіцієнт (ГТК) перевищував середнє багаторічне значення, але у 2024 р. лише у червні (0,98) наближувався до багаторічних значень (0,99), а в решті місяців поступався ним на 58,8–98,5 %.

9. Таким чином, перебіг температури повітря останніх років був сприятливим для подовження періоду росту й розвитку рослин, але також для їхніх шкідників і патогенів. Водночас дефіцит зволоження міг негативно відбиватися на стійкості дерев до інших природних і антропогенних чинників.

РОЗДІЛ 3

ОБЛІКОВІ ПУНКТИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Облікові пункти

Попередні обстеження насаджень та ознайомлення з публікаціями [19, 29, 43, 92, 106] свідчать, що основним джерелом антропоїчного навантаження в м. Полтава є викиди транспортних засобів. Тому ділянки для закладання пробних площ і подальших досліджень місця обліку вибирали з таким розрахунком, щоб були представлені території з різною інтенсивністю руху транспорту. Пробні площі закладені у паркових, вуличних і внутрішньоквартальних насадженнях (дворах) Київського, Подільського та Шевченківського районів Полтави (рис. 3.1, табл. 3.1).

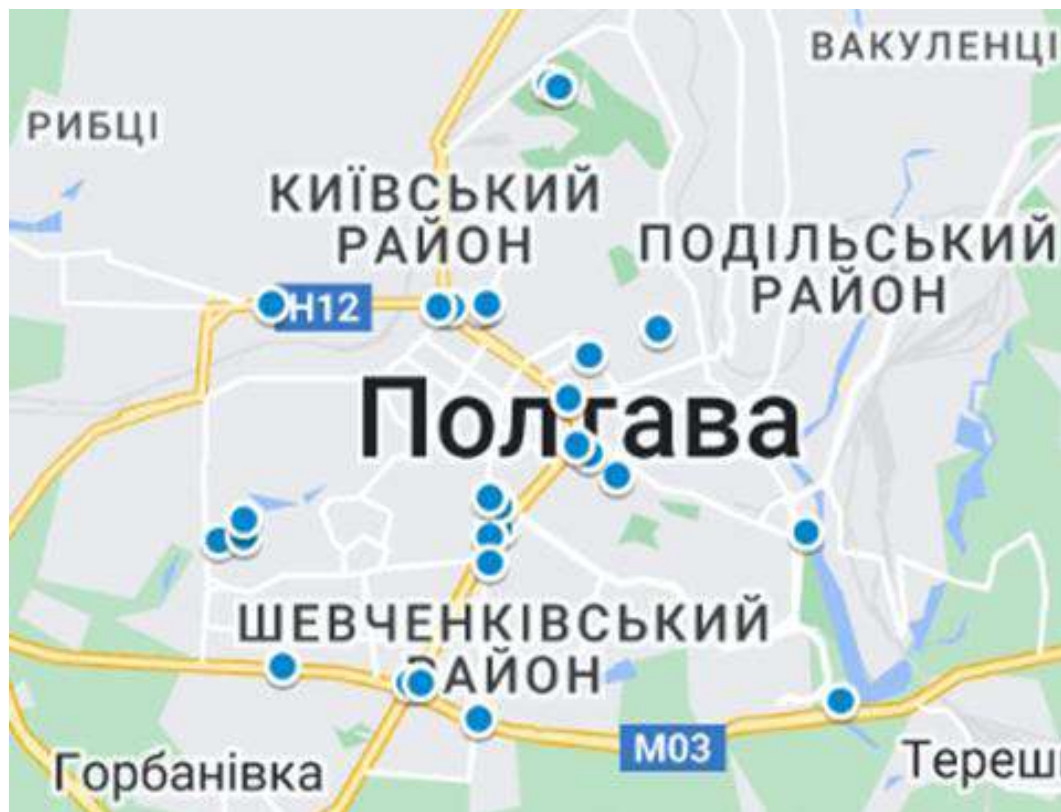


Рис. 3.1. Розміщення пробних площ
на території Полтави

Таблиця 3.1

Характеристика пробних площ, закладених у 2022–2023 рр.

Назва вулиці / парку	Шифр	Інтенсивність навантаження	
		транс-порту	інших видів
вул. Ю. Матвійчука (від «Березового скверу до вул. І. Котляревського)	В-1-1	Н	відсутня
	В-1-2	Н	
вул. Г. Сковороди	В-31-1	С	відсутня
	В-31-2	С	
вул. Р. Кириченко (від вул. О. Вишні до вул. Європейської)	В-32-1	С	завод «Лтава»
	В-32-2	С	
Зелена зона у мікрорайоні Сади-1	В-33-1	С	відсутня
	В-33-2	С	
	В-33-3	С	
вул. Кагамлика	В-4-1	В	СТО
	В-4-2	В	
Київське шосе	В-51-1	В	СТО, АЗС
	В-51-2	В	
вул. Соборності (від корпусного парку до пл. Зигіна)	В-52-1	В	відсутня
	В-52-2	В	
вул. Решетилівська	В-53-1	В	промисл. об'єкти, залізнична колія
	В-53-2	В	
вул. Європейська	В-54-1	В	відсутня
	В-54-2	В	відсутня

Продовж. табл. 3.1

Назва вулиці / парку	Шифр	Інтенсивність навантаження	
		транс-порту	інших видів
Полтавський міський парк(дендропарк)	П-0-1	Н	відсутня
	П-0-2	Н	відсутня
Прирічковий	П-1-1	Н	рекреація
	П-1-2	Н	рекреація
Парк «Павленківський»	П-3-1	С	Полтавський олійно-екстракційний з-д, залізн. колія
	П-3-2	С	
Парк «ім. І. П. Котляревського»	П-5-1	В	завод «Лтава, поряд вул. з інтенс. рухом транспорту
	П-5-2	В	
	П-5-3	В	

Примітка: В, С та Н – висока, середня та низька інтенсивність руху транспорту.

У 2024 р. було закладено додаткові пробні площі (табл. 3.2), на яких оцінювали ширше коло показників.

Обстежені насадження розподіляли на 3 групи залежно від інтенсивності руху транспорту [87], відомостей стосовно вмісту забруднювачів у атмосферному повітрі м. Полтава [19, 92] та з урахуванням результатів аналізу вмісту важких металів у ґрунті, проведеного у лабораторії агроекологічного моніторингу м. Полтава кандидатом с.-г. наук доцентом М.А. Галицькою.

Загалом закладено понад 80 облікових пунктів.

Таблиця 3.2

Характеристика пробних площ, закладених у 2024 р.

Тип насаджень	Назва вулиці, парку, мікрорайону	Інтенсивність руху транспорту	Підділянка	Широта	Довгота
двори	Огнівка	Н	1	49.575852	34.515618
двори	Огнівка	Н	2	49.576575	34.513000
двори	Огнівка	Н	3	49.578446	34.511273
двори	Огнівка	Н	4	49.579699	34.516884
двори	Левада	Н	1	49.569179	34.575648
двори	Левада	Н	2	49.567210	34.578609
двори	Левада	Н	3	49.567603	34.583695
двори	Левада	Н	4	49.570630	34.585283
двори	Левада	Н	5	49.570088	34.578480
двори	Браїлки	С	1	49.601311	34.495331
двори	Браїлки	С	2	49.603467	34.491018
двори	Браїлки	С	3	49.605302	34.492220
двори	Браїлки	С	4	49.603689	34.487564
двори	Браїлки	С	5	49.601612	34.498793
парки	Дендропарк	Н	1	49.622875	34.546568
парки	Дендропарк	Н	2	49.618931	34.554739
парки	Дендропарк	Н	3	49.621219	34.545745
парки	Прирічковий	С	1	49.576511	34.587032
парки	Прирічковий	С	2	49.56931	34.59277
парки	Прирічковий	С	3	49.558994	34.592696
парки	ім. І.П. Котляревського	В	1	49.577117	34.537526
парки	ім. І.П. Котляревського	В	2	49.578002	34.537466
парки	ім.І.П. Котляревського	В	3	49.579449	34.537925
вулиці	Київське Шосе	В	1	49.562446	34.503929
вулиці	Київське Шосе	В	2	49.556947	34.534907
вулиці	Київське Шосе	В	3	49.555692	34.545203
вулиці	Європейська	В	1	49.585452	34.5505780
вулиці	Європейська	В	2	49.576184	34.537612
вулиці	Європейська	В	3	49.578611	34.541856
вулиці	Небесної сотні	В	1	49.583206	34.560558
вулиці	Небесної сотні	В	2	49.583006	34.560258
вулиці	Небесної сотні	В	3	49.583106	34.560324

Продовж. табл. 3.2

Тип насаджень	Назва вулиці, парку, мікрорайону	Інтенсивність руху транспорту	Підділянка	Широта	Довгота
двори	Сади-1	С	1	49.571445	34.493979
двори	Сади-1	С	2	49.573393	34.494387
двори	Сади-1	С	3	49.572837	34.498249
двори	Сади-1	С	4	49.571891	34.499108
двори	Сади-1	С	5	49.571278	34.496790
двори	Алмазний	С	1	49.566180	34.511746
двори	Алмазний	С	2	49.567637	34.512287
двори	Алмазний	С	3	49.568551	34.507606
двори	Алмазний	С	4	49.568544	34.507449
двори	Алмазний	С	5	49.566650	34.509458
вулиці	Соборності	В	1	49.590555	34.549176
вулиці	Соборності	В	2	49.594213	34.542159
вулиці	Соборності	В	3	49.596904	34.536355
вулиці	Решетилівська	В	1	49.599846	34.528341
вулиці	Решетилівська	В	2	49.599999	34.516131
вулиці	Решетилівська	В	3	49.599999	34.507698

Примітка: двори – внутрішньоквартальні насадження; В, С та Н – висока, середня та низька інтенсивність руху транспорту.

3.2. Методика досліджень

Під час маршрутних обстежень на кожній ділянці визначали видову належність не менше 30 екземплярів дерев за визначниками [23, 24, 28, 34]. Координати розміщення і діаметр кожного дерева на висоті 1,3 м заносили до бази даних, до якої поступово додавали результати оцінювання показників санітарного стану, симптомів і ознак пошкоджень і уражень тощо.

Крім викидів транспорту, брали до уваги інші типи антропогенного впливу на стан дерев – механічне обмеження росту коріння та кронування.

Механічне обмеження росту коріння констатували, якщо радіус не вкритої асфальтом чи бетоном поверхні становив до 2 м. Ознаки проведення кронування, топінгу чи вирізання окремих гілок діагностували під час огляду крон.

З метою оцінювання показників різноманіття видів дерев на кожній пробній площі, а також окремо для насаджень вулиць, для насаджень парків і для груп насаджень із низьким, помірним і високим рівнями антропогенного навантаження визначали кількість видів дерев та екземплярів кожного виду. Походження видів визначали з використанням літературних джерел [4, 23, 24, 28, 34].

Представництво видів і екземплярів дерев за родинами виражали як частки (у відсотках) від суми видів і екземплярів рослин кожної родини від сум видів і екземплярів відповідно.

Представництво екземплярів дерев за видами виражали як частку екземплярів кожного виду від суми екземплярів усіх видів (у відсотках). Види розсортовані у міру зменшення представництва, а їхня накопичену частку розраховано для встановлення переліку домінантних видів.

Поширеність видів дерев на пробних площах (ПП) розраховували як частку пробних площ, на яких виявлено ті чи інші види дерев, виражену у відсотках.

Похибку показників, виражених у відсотках, визначали за формулою (ф. 3.1):

$$S_x = \sqrt{\frac{P\% \times (100 - P\%)}{N}}, \quad (3.1)$$

де S_x – похибка; P – значення показника у відсотках; N – обсяг вибірки [2].

Різноманіття дендрофлори оцінювали за такими показниками: кількість видів (S), кількість особин (N), індекс видового багатства Менхініка (D_{Mn}) (ф. 1), індекс складності видового багатства, або домінування Бергера-Паркера (D_{BP}) (ф. 2), індекс різноманіття Шеннона (H), який враховує і багатство, і його вирівняність (ф. 3) [61].

$$D_{Mn} = \frac{S}{\sqrt{N}}, \quad (3.2)$$

$$D_{BP} = \frac{n_{max}}{N}, \quad (3.3)$$

де N – кількість видів, а n_{max} – кількість особин найбільш численного виду.

$$H = -\sum(p_i \log_2 p_i), \quad (3.4)$$

де p_i – відносний достаток кожного виду.

Вирівняність оцінювали за індексом Пієлоу (E_H) (ф. 4) [61].

$$E_H = \frac{H}{H_{max}} \quad (3.5)$$

де H – індекс Шеннона, $H_{max} = \lg N$.

Видовий склад дендрофлори на різних пробних площах та названих вище групах порівнювали з використанням індексу Сьоренсена-Чекановського (C_{sc}) (ф.5) [61].

$$C_{sc} = \frac{2c}{a+b}, \quad (3.6)$$

де a – кількість видів у першій вибірці, b – кількість видів у другій вибірці, а c – кількість видів, наявних в обох вибірках.

Індикацію екологічних умов за складом дендрофлори шляхом аналізу амплітуди провідних екологічних чинників [26, 133] здійснювали на прикладі Прирічкового парку м. Полтава.

Прирічковий парк є однією із 22 визначених у Генеральному плані м. Полтави зелених зон і важливою водоохоронною територією. Він розташований у південній частині м. Полтава й охоплює території лівого та правого берегів р. Ворскла в межах міста (від території району Рогізна, Зеленого острова до мосту через р. Ворскла автомобільної дороги Київ – Харків – Довжанський) та затоку – місце впадіння в Ворсклу лівої притоки – р. Коломак. У парку представлені водні, лісові, лучні та болотні природні комплекси [13, 102–104, 110]. Велика частина території парку розташована у мікрорайоні Левада, вздовж проспекту Миру – великої транспортної магістралі.

У парку умовно існують три зони, які відрізняються переважно за рівнем рекреаційного навантаження, але також за іншими екологічними чинниками, що визначає склад і стан деревних видів (рис. 3.2).



Рис. 3.2. Розташування Прирічкового парку м. Полтава та його зон (зірочки – пункти обліку)

Зона 1 – територія праворуч від мосту на Південний вокзал, на якій знаходиться готель «Турист» і прилегла до нього капітальна інфраструктура,

тенісні корти та відкритий майданчик.

Зона 2 – розташована нижче від рівня прилеглої дороги, представлена лісовим масивом, а також пляжем з крутим схилом.

Зона 3 – розташована нижче від рівня прилеглої дороги, на відкритому місці представлені поодинокі та групами дерева й кущі.

У кожній зоні парку проведено перелік 50 дерев із визначенням виду [23, 24, 28, 34].

Біорізноманіття видів дерев характеризували за допомогою індексів Маргалєфа (D_{Mg}) (ф. 3.7) та домінування Симпсона (D_s) (ф. 3.8), а видовий склад дерев у зонах парку порівнювали з використанням індексу Сьоренсена-Чекановського (C_{sc}) (див. ф. 3.6) [61].

$$D_{Mg} = \frac{S-1}{\log N} \quad (3.7)$$

де N – кількість видів, а S – кількість особин.

$$C_{sc} = \frac{2c}{a+b}, \quad (3.8)$$

де a – кількість видів у першій вибірці, b – кількість видів у другій вибірці, а c – кількість видів, наявних в обох вибірках.

Проаналізовано вимоги представлених у парку дерев до 4 екологічних чинників: L_c – освітлення; H_d – вологість ґрунту, A_e – аерацію ґрунту та R_c – кислотний режим ґрунту. Максимальні та мінімальні значення кожного із чинників взято з літературних джерел [133]. Амплітуди зазначених чинників у кожній зоні парку розраховано з урахуванням складу видів дерев за прийнятими методичними підходами [14, 22, 26].

На кожній пробній площі визначали видову належність дерев, вимірювали діаметр кожного дерева на висоті 1,3 м та визначали категорію санітарного стану [97]. Загиблих дерев в обстежених насадженнях не було виявлено, а життєздатні дерева характеризували за категоріями: 1 – здорові; 2

– ослаблені; 3 – сильно ослаблені; 4 – такі, що всихають; 5 – загиблі. Індекс санітарного стану кожної вибірки за видом дерев і рівнем антропоїчного навантаження розраховували як середнє зважене значення оцінок кожного дерева. Здоровими вважали насадження, що характеризувалися індексом санітарного стану до 1,5 бала, ослабленими – 1,6–2,5 бала, сильно ослабленими – 2,6–3,5 бала. Якщо середній бал становив 3,6–4,5 бала, насадження вважали такими, що всихають, а у разі оцінки понад 4,5 бала – загиблими.

Дефоліацію оцінювали окомірно з точністю до 5 %. Частку сухих гілок у кронах оцінювали окомірно у відсотках, а потім переводили у бали: 0 балів – відсутні; 1 бал – до 10 %; 2 бала – 11–50 %; 3 бала – 51–75 %; 4 бала – понад 75 % [69]. Середні бали дефоліації та частки сухих гілок у кронах для кожної вибірки за видом дерев і рівнем антропоїчного навантаження розраховували як середнє арифметичне оцінок кожного дерева.

Для виявлення відбирали на кожній ділянці по 5 дерев кожного з названих видів I класу Крафта діаметром 38–48 см без видимих пошкоджень і уражень. Вимірювання довжини пагонів (по 20 пагонів з дерева), підрахунок кількості листків та їхній відбір для визначення площі здійснювали у третій декаді серпні на висоті 2–2,5 м від ґрунту за однакових умов освітлення з південно-східного боку крони [11]. Загальну площу листків (другого і третього від основи однорічних пагонів) та пошкоджену площу листків визначали методом палеток.

Залежність радіального приросту дерев гіркокаштана звичайного від інтенсивності руху транспорту на тлі їхнього пошкодження каштановим мінером *Cameraria ohridella* Deschka & Dimič, 1986; Lepidoptera: Gracillariidae досліджували на трьох пробних площах. Дві пробні площі були розташовані вул. Європейській на відстані 3–5 м та 20–25 м від проїжджої частини, а третя – в дендропарку м. Полтава з відсутністю впливу руху транспорту (умовний контроль).

Керни деревини відбирали стандартними дендрохронологічними методами [126] за допомогою бурава Преслера на висоті 1,3 м від кореневої шийки. З кожної пробної площі відібрано по 11 зразків. Ширину річних кілець деревини каштана звичайного виміряно за допомогою приладу «HENSON».

Під час аналізу індивідуальні деревно-кільцеві хронології, одержані для кожного дерева, перераховували на локальні хронології, а потім отримували індексні хронології шляхом згладжування 3-річною ковзною. Внаслідок цього отримано серії індексів, з яких вилучено низькочастотні коливання, тобто вилучено біологічний (віковий тренд), що дало змогу провести дендрокліматичний аналіз.

Кліматичні показники за 1973–2023 рр. стосовно м. Полтава одержано із сайту TuTiempo.net [188], зокрема середню місячну, мінімальну та максимальну температуру повітря (°C), відносну вологість повітря (%), кількість опадів (мм),

Середню температуру та суму опадів розраховано за гідрологічний рік, тобто з жовтня попереднього року до вересня поточного. Норму опадів та температур за різні періоди гідрологічного року обчислювали як середнє за 1974–2023 рр.

Здійснено кореляційний аналіз між індексними деревно-кільцевими хронологіями річної деревини гіркокаштана звичайного і метеорологічними показниками, зокрема середніми, мінімальними й максимальними температурами, сумою опадів за гідрологічний рік, відносною вологістю та сумою опадів за квітень-серпень, зимовий період, а також із індексом посушливості де Мартонне (de Marton's drought index (DM)), гідротермічним коефіцієнтом Г. Т. Селянінова, стандартизованим індексом опадів (Standardized Precipitation Index (SPI)), індексом посушливості лісів (Forestry Aridity Index (FAI)) і гідротермічними коефіцієнтами O_1 та O_3 [52, 139, 171].

Індекс посушливості Де Мартонне (*DM*) використовуються в усьому світі для визначення умов сухого/вологого клімату певного регіону для різних

часових масштабів, таких як місяці, сезони та роки. Річні та місячні значення індексу посушливості DM , Ia_{DM} та Im_{DM} розраховують за формулами 3.9 і 3.10 відповідно:

$$Ia_{DM} = \frac{Pa}{Ta} + C', \quad (3.9)$$

$$Im_{DM} = \frac{Pm}{Tm} + C', \quad (3.10)$$

де Pa та Pm – річна та місячна кількість опадів; Ta та Tm – середні річні та місячні температури повітря, $C'=10$ °C – константа Де Мартонне [171].

Гідротермічний коефіцієнт зволоження Г.Т. Селянінова (ГТК, або ГТК) – це сума опадів за період, коли середньодобова температура повітря вище +10° C поділена на суму температур за той же період, коли температури перевищували +10° C, зменшена в 10 разів [171].

ГТК розраховують за формулою (3.11):

$$GTK = \frac{R}{0.1\Sigma T} \quad (3.11)$$

де R – кількість опадів за період з температурою вище 10;

$\Sigma T > 10^\circ$ – сума активних температур вище 10°C.

Цей показник має перевагу над іншими, оскільки характеризує не тільки прибуткову частину водного балансу (опад), але й непродуктивну витрату вологи (випаровуваність з поверхні ґрунту й рослинності).

Індекс аридності лісів (Forestry Aridity Index, FAI) визначається як:

$$FAI = Cg * T_{VII-VIII} / (P_{V-VII} + P_{VII-VIII}), \quad (3.12)$$

де $T_{VII-VIII}$ – середня температура в липні та серпні, °C;

P_{V-VII} – сума опадів з травня до липня, мм;

$P_{VII-VIII}$ – сума опадів липня-серпня, мм;

Cg – 100 мм / °C – константа.

У зв'язку зі введенням константи C_g , що має розмірність, FAI є безрозмірним. FAI може бути ефективним інструментом для оцінювання зв'язку росту дерев із погодними умовами [139].

Комплексний кліматичний показник O_1 враховує співвідношення температури повітря та кількості опадів за гідрологічний рік, який починається з жовтня попереднього року і закінчується у вересні поточного року:

$$O_1 = \frac{t_0 100}{V_0} \quad (3.13)$$

де O_1 – гідротермічний коефіцієнт;

t_0 – температура за гідрологічний рік ($^{\circ}\text{C}$),

V_0 – сума опадів (мм) за той же період [52].

Середні арифметичні значення та їхні похибки розраховували засобами описової статистики. Порівняння показників окремих видів дерев під впливом різних чинників здійснювали за допомогою дисперсійного аналізу. Значення показників, виражених у відсотках, порівнювали з використанням Z-тесту. Різницю вважали значущою на рівні $P=0,05$ при $Z>1,96$. [2].

Аналіз даних виконували за допомогою пакетів програм Microsoft Excel і PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis [2, 143].

Висновки до розділу

1. У паркових, вуличних і внутрішньоквартальних насадженнях (дворах) Київського, Подільського та Шевченківського районів Полтави закладено понад 80 облікових пунктів із урахуванням відомостей стосовно інтенсивності руху транспорту та вмісту забруднювачів у атмосферному повітрі та важких металів у ґрунті.

2. На кожному пункті обліку визначено видову належність 30 екземплярів дерев, виміряно діаметр на висоті 1,3 м, оцінено категорію санітарного стану, дефоліацію, поширення сухих гілок, наявність пошкоджень і уражень, наявність механічного обмеження росту коріння та кронування.

3. Розраховано показники різноманіття дендрофлори: кількість видів, кількість особин, індекс видового багатства Менхінка, індекс складності видового багатства, або домінування Бергера-Паркера, індекс різноманіття Шеннона, який враховує і багатство, і його вирівняність. Видовий склад дендрофлори на окремих ділянках та їхніх групах порівнювали з використанням індексу Сьоренсена-Чекановського.

4. Індикацію екологічних умов за складом дендрофлори здійснювали на прикладі Прирічкового парку шляхом аналізу амплітуди провідних екологічних чинників за методичним підходом Я.П. Дідуха. Біорізноманіття видів дерев характеризували за допомогою індексів Маргалєфа та домінування Симпсона.

5. Залежності від інтенсивності руху транспорту морфологічних показників (довжини пагонів, кількості листків, їхньої площі) та частки пошкодженої площі оцінювали стосовно чотирьох видів дерев, – гіркокаштана звичайного (*Aesculus hippocastanum* L.), липи дрібнолистої (*Tilia cordata* Mill.), клена гостролистого (*Acer platanoides* L.) та берези повислої (*Betula pendula* Roth.).

6. Залежність радіального приросту дерев гіркокаштана звичайного від інтенсивності руху транспорту на тлі їхнього пошкодження каштановим мінером досліджували на пробних площах, які відрізнялися інтенсивністю руху транспорту.

РОЗДІЛ 4
ПОШИРЕНІСТЬ ВИДІВ ДЕРЕВ
У МІСЬКИХ НАСАДЖЕННЯХ ПОЛТАВИ

4.1. Видовий склад дерев у міських насадженнях Полтави

В обстежених насадженнях визначено 30 видів деревних рослин із 21 роду 15 родин (табл. 4.1).

Таблиця 4.1

Видовий склад рослин, визначених на пробних площах
у вуличних і паркових насадженнях м. Полтави

Родина	Вид	Походження
Pinaceae Lindl.	<i>Picea abies</i> (L.) H. Karst.	Пн. Америка
Pinaceae Lindl.	<i>Picea glauca</i> (Moench) Voss	Пн. Америка
Pinaceae Lindl.	<i>Larix decidua</i> Mill.	абориген
Fagaceae A.Br.	<i>Quercus robur</i> L.	абориген
Fagaceae A.Br.	<i>Quercus rubra</i> L.	Пн. Америка
Betulaceae C. A. Agardh.	<i>Betula pendula</i> Roth.	абориген
Juglandaceae A.Rich. ex Kunth	<i>Juglans regia</i> L.	Сер. Азія, Пд.-Сх. Азія, Пд Балкан- ського п-ова
Salicaceae Lindl.	<i>Populus alba</i> L.	абориген
Salicaceae Lindl.	<i>Populus tremula</i> L.	абориген
Salicaceae Lindl.	<i>Populus nigra</i> L.	абориген
Salicaceae Lindl.	<i>Salix alba</i> L.	абориген

Продовж. табл. 4.1

Родина	Вид	Походження
Tiliaceae Juss.	<i>Tilia cordata</i> Mill.	абориген
Tiliaceae Juss.	<i>Tilia platyphyllos</i> Scop.	Зах. Україна, Західна Європа
Ulmaceae Mirb.	<i>U. carpinifolia</i> Rupp. ex Suchkov	Сер. Пн.Європа, Кавказ, Мала Азія, Пн. Іран
Rosaceae Juss.	<i>Crataegus laevigata</i> L.	абориген
Rosaceae Juss.	<i>Sorbus aucuparia</i> L.	абориген
Rosaceae Juss.	<i>Sorbus scandica</i> (L.) Fr.	абориген
Rosaceae Juss.	<i>Prunus spinosa</i> L.	абориген
Rosaceae Juss.	<i>Prunus cerasus</i> L.	абориген
Rosaceae Juss.	<i>Armeniaca vulgaris</i> Lam.	Сер. Азія
Fabaceae Lindl.	<i>Cercis canadensis</i> L.	Пн. Америка
Fabaceae Lindl.	<i>Cercis siliquastrum</i> L.	Середземномор'я
Fabaceae Lindl.	<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	Пн. Америка
Aceraceae Lindl.	<i>Acer negundo</i> L.	Пн. Америка.
Aceraceae Lindl.	<i>Acer platanoides</i> L.	абориген
Hippocastanaceae Torr. Et Gray	<i>Aesculus hippocastanum</i> L.	Балканський п-в
Anacardiaceae R.Br.	<i>Rhus typhina</i> L.	Пн. Америка
Elaeagnaceae Adans.	<i>Elaeagnus commutata</i> Bernh. ex Rydb	Кавказ, Азія, Середземномор'я
Oleaceae Lindl	<i>Fraxinus excelsior</i> L.	абориген
Bignoniaceae Pers.	<i>Catalpa bignonioides</i> Walt.	Пн. Америка

Половина представлених видів є аборигенними, а решта – мають чужоземне походження. Більшість чужоземних видів (8 із 15) мають походження з Північної Америки, 2 види – з Середземномор'я, а решта мають доволі широкий ареал.

За кількістю видів на пробних площах понад 50 % становлять представники родин Rosaceae, Salicaceae, Pinaceae та Fabaceae (рис. 4.1).

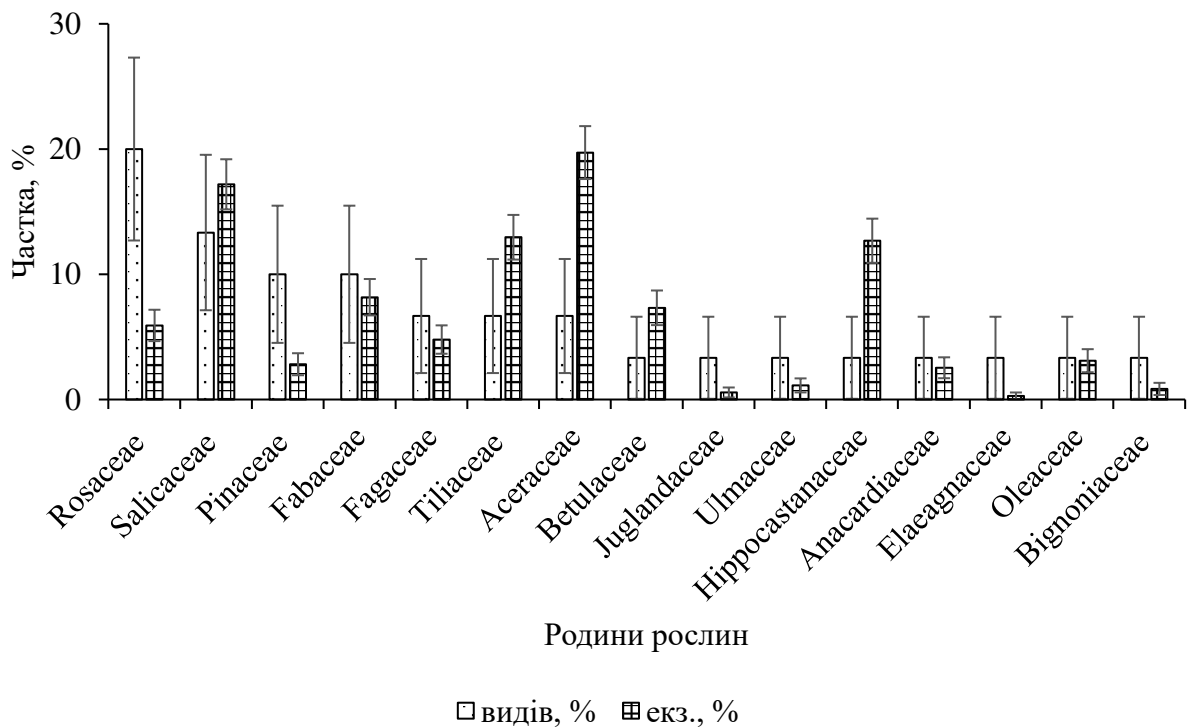


Рис. 4.1. Представництво видів і екземплярів рослин за родинами (планки – похибки)

Від 3 до 7 % припадає на види родин Fabaceae, Fagaceae та Tiliaceae. Кожна з решти родин представлена лише одним видом. Водночас за кількістю особин найбільшою мірою представлені Aceraceae, Salicaceae, Tiliaceae та Hippocastanaceae.

Серед видів дендрофлори в обстежених насадженнях за чисельністю переважав *Acer platanoides* (16.6 %), дещо менше представлені *Aesculus hippocastanum*, *Tilia cordata* та *Populus nigra* (рис. 4.2).

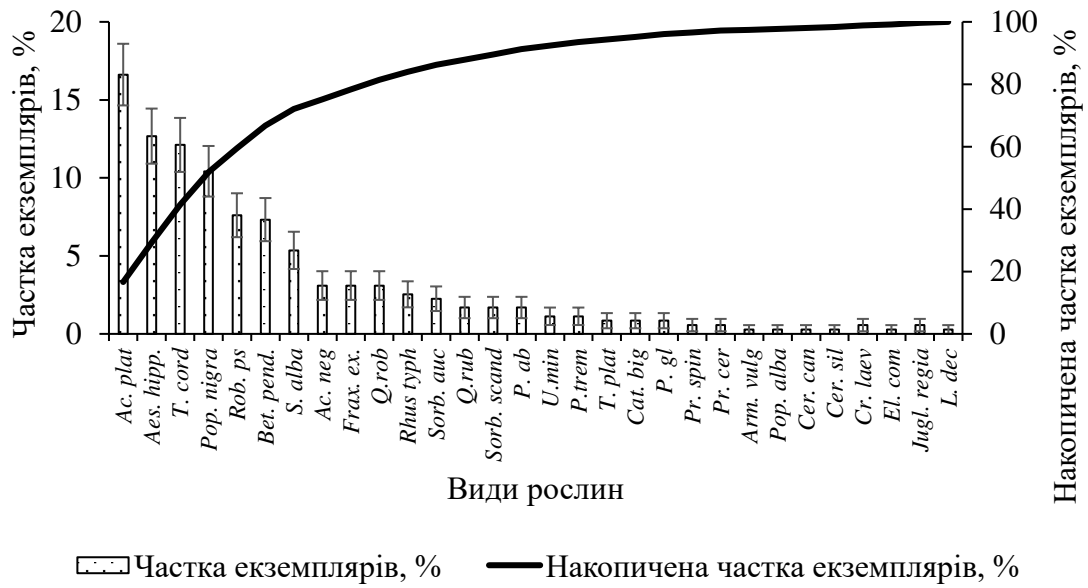


Рис. 4.2. Представництво екземплярів рослин за видами
(планки – похибки)

Разом екземпляри цих видів становили 51.8 % усіх обстежених дерев. Майже на всіх пробних площах представлені *A. platanoides*, *T. cordata* та *Robinia pseudoacacia* (рис. 4.3), дещо меншою мірою (від 50 до 83.3 % пробних площ) – *Betula pendula*, *P. nigra*, *Ae. hippocastanum*, *S. alba* та *Rhus typhina*. Вісім видів представлені лише на одній пробній площі кожен.

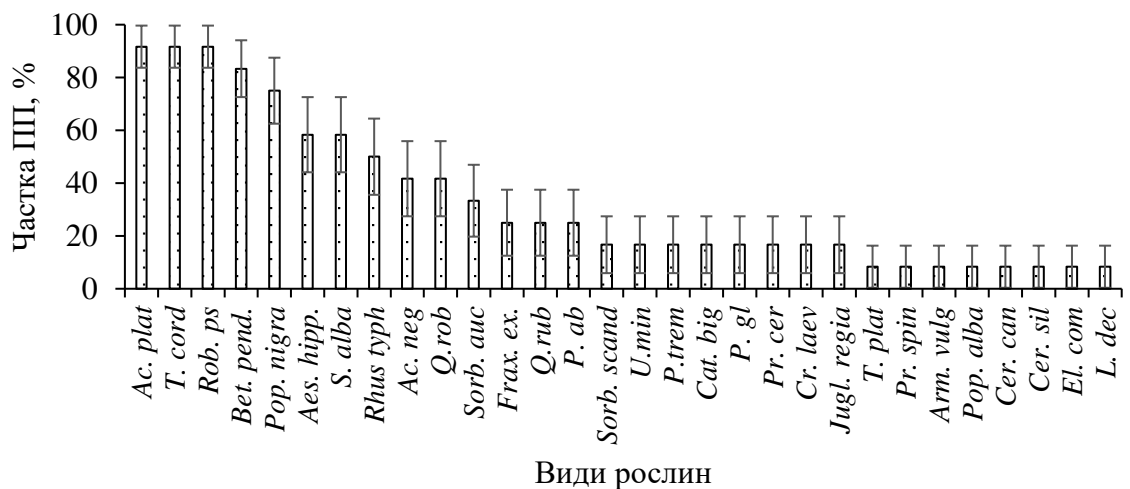
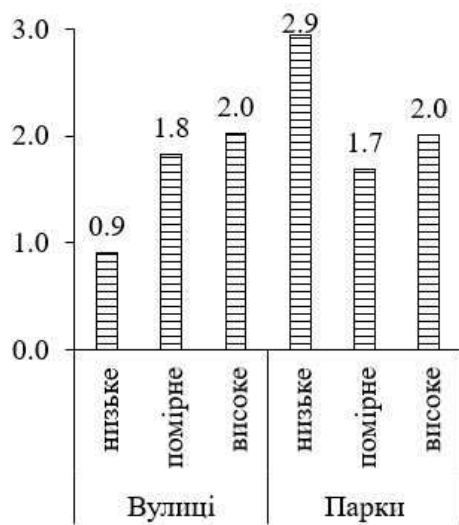


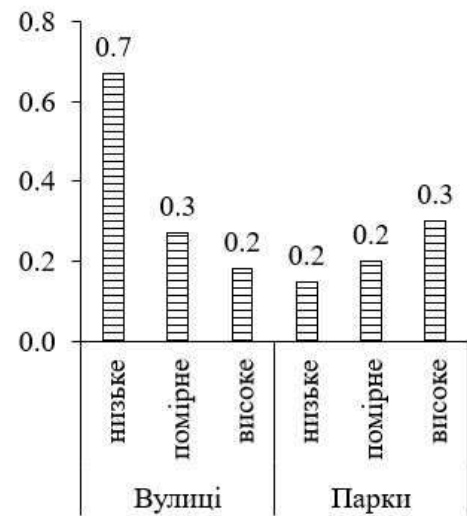
Рис. 4.3. Поширеність видів рослин на пробних площах (ПП)
(планки – похибки)

4.2. Показники різноманіття видів дерев залежно від рівня антропогенного навантаження

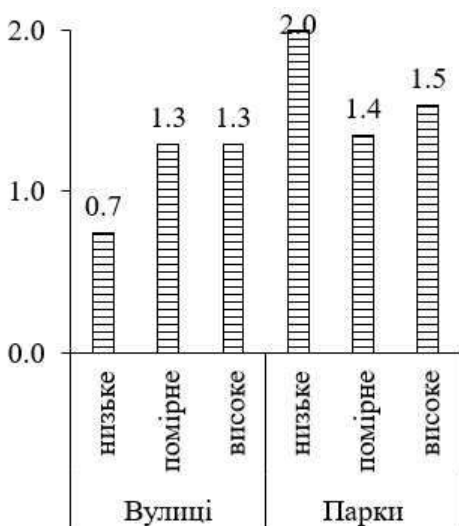
У міру підвищення рівня антропогенного навантаження індекси видового багатства (D_{Mn}), вирівняності (E_H) та різноманітності (H) у вуличних насадженнях виявляли тенденцію до збільшення (рис. 4.4а, 4.4в, 4.4г), а індекс домінування (D_{BP}) – до зменшення (рис. 4.4б).



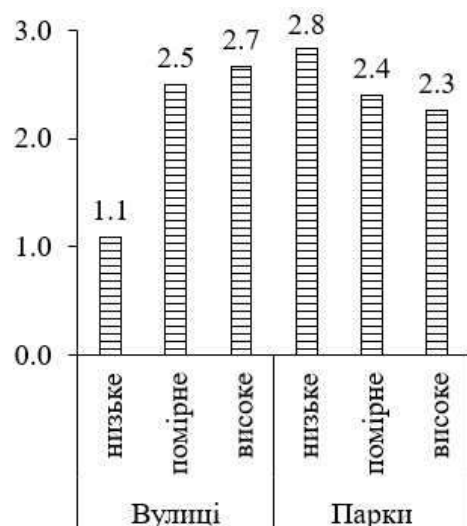
а – індекс Менхініка (D_{Mn})



б – індекс Бергера-Паркера (D_{BP})



в – індекс Пієлоу (E_H)



г – індекс Шеннона (H)

Рис. 4.4. Значення індексів видового різноманіття дерев у насадженнях вулиць і парків м. Полтави з різним антропогенним навантаженням (низьке – помірне – високе)

Водночас у паркових насадженнях у міру підвищення рівня антропоїчного навантаження індекс домінування (D_{BP}) збільшувався (рис. 4б), індекс різноманітності (H) зменшувався, а у змінах решти індексів тенденцій не виявлено (див. рис. 4.4а, 4.4в, 4.4г).

Під час порівняння видового складу дендрофлори найбільшій відмінності встановлено між насадженнями вулиць і парків в об'єднаній вибірці даних із усіх пробних площ ($C_{sc}=0.75$) (рис. 4.5).

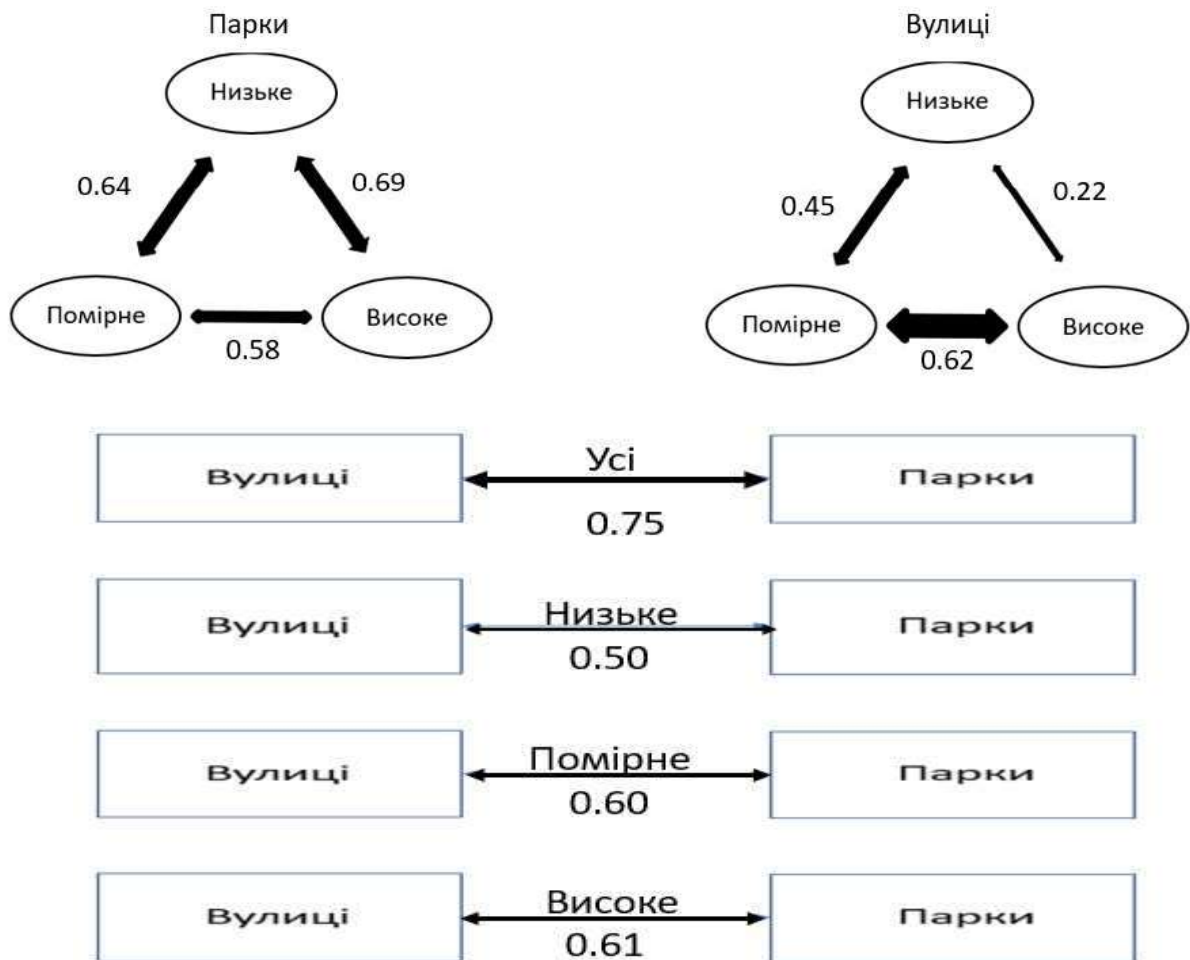


Рис. 4.5. Значення індексу подібності Сьоренсена-Чекановського стосовно видового складу дерев у насадженнях вулиць і парків м. Полтави з різним антропоїчним навантаженням (низьке, помірне, високе)

Різниці між видовим складом дендрофлори у вуличних і паркових насадженнях збільшувалися у міру підвищення інтенсивності антропоїчного

навантаження (C_{sc} – від 0.50 до 0.61). Подібність складу дендрофлори вуличних насаджень із низьким і високим антропоїчним навантаженням є найменшою ($C_{sc}=0.22$), а насаджень із помірним і високим навантаженням – найбільшою ($C_{sc}=0.62$).

Подібність складу дендрофлори паркових насаджень із низьким і високим навантаженням є найбільшою ($C_{sc}=0.69$), але значення індексу Сьоренсена-Чекановського під час порівняння парків із низьким і помірним або високим і помірним навантаженням доволі вищі, ніж стосовно вуличних насаджень.

Таким чином наші дослідження дали змогу виявити особливості видового складу дерев у вуличних і паркових насадженнях м. Полтави в умовах антропоїчного навантаження. У вуличних і паркових насадженнях м. Полтава нами виявлено 30 видів деревних рослин, серед яких половина є чужоземними (див. табл. 4.1).

Багато чужоземних видів рослин вже давно культивують в Україні, але деякі можуть бути небезпечними для місцевого різноманіття [27]. До того ж із садивним матеріалом у вулиці та парки можуть потрапляти шкідливі організми, які не мають природних ворогів і конкурентів [122]. Тому під час наступних досліджень у зелених насадженнях м. Полтави слід оцінити поширеність таких організмів і шкоду представникам родів *Quercus*, *Acer* і *Tilia* різних походжень.

За чисельністю особин найбільшою мірою у міських насадженнях м. Полтави представлені Aceraceae, Salicaceae, Tiliaceae та Hippocastaneaceae (рис. 4.1). Переважання *A. platanoides*, *Ae. hippocastanum*, *T. cordata* та *P. nigra* є характерним для багатьох населених пунктів [7, 30, 65, 68, 197]. Так у Шевченківському районі м. Полтава визначено 9 видів дерев із переважанням *B. pendula*, *Sorbus pseudolatifolia*, *S. aucuparia*, *Catalpa bignonioides*, *A. platanoides*, *T. platyphyllos* [45]. Уздовж проїжджої частини вул. Ю. Савченка м. Дніпро серед 48 видів дерев переважають *R. pseudoacacia*,

U. pumila та *Ae. hippocastanum* [40]. У Житомирі біля м'ясокомбінату переважають *A. platanoides*, *A. negundo*, *T. cordata*, *T. platyphyllos*, *B. pendula*, *P. nigra*, *P. pyramidalis*, *Ae. hippocastanum* [65]. Дендрофлора центральних вулиць м. Суми представлена 28 видами дерев із переважанням *T. cordata*, *T. platyphyllos*, *Ae. hippocastanum*, *P. nigra*, *P. pyramidalis*, *A. platanoides* [68]. У Львові серед 76 облікованих видів дерев і кущів домінують *T. cordata*, *T. platyphyllos*, *Ae. hippocastanum*, *Fraxinus excelsior* [30]. У малих містах Чернігівської (Полісся) та Київської (Лісостеп) найбільш старші дерева (віком 30–50 років) представлені *Ae. hippocastanum*, *S. alba*, *T. cordata*, *B. pendula*, *P. nigra* [196].

Одержані дані свідчать, що види дерев, які переважають за часткою у складі та представництвом на наших пробних площах, можна використати для оцінювання впливу антропоїчного навантаження на стан міських насаджень.

Найбільш важливим під час створення міських насаджень є забезпечення ефективного виконання ними екологічних функцій та зберігання життєздатності в умовах антропоїчного навантаження та зміни клімату [146]. При цьому слід брати до уваги, що досягання естетичних цілей міських насаджень сприяють рівномірність і зменшення домінування будь-якого виду або роду, хоча у парках підбирають групи рослин з різними термінами квітіння [4]. За високої інтенсивності антропоїчного навантаження важливо уникати застосування видів, сприйнятливих до ураження чи пошкодження шкідливими організмами. Водночас із урахуванням майбутньої зміни клімату варто підвищувати видове різноманіття дерев [196].

Зміни показників біорізноманіття у міру підвищення рівня антропоїчного навантаження доведено нами лише стосовно вуличних насаджень (рис. 4.4). Виражені відмінності реакції вуличних насаджень на антропоїчне навантаження у порівнянні з парковими можна пояснити тим, що на вулицях дерева знаходяться у безпосередній близькості від проїжджої частини, а

забруднювачі прямо можуть впливати на їхній стан, потрапляючи на листя з повітря та у коріння через ґрунт.

Обчислення індексу Сьоренсена-Чекановського підтвердило доволі значні відмінності складу насаджень вулиць і парків (рис. 4.5), причому значення цього показника збільшувалися у міру підвищення інтенсивності антропоїчного навантаження. Виявлені відмінності можуть бути пов'язані з тим, що на ділянках із більшим рівнем антропоїчного навантаження склад дерев частіше оновлювали, що можливо з'ясувати під час дендрохронологічного аналізу, а також оцінювання санітарного стану окремих видів і екземплярів [123], що є предметом окремого дослідження.

4.3. Індикація екологічних умов за складом дендрофлори у різних зонах Прирічкового парку м. Полтава

Негативний вплив різних чинників та їхньої сукупності на стан навколишнього середовища оцінюють шляхом біоіндикації з використанням доступних для спостереження біологічних об'єктів [22, 26, 133]. При цьому порівнюють значення інформативних показників на ділянках, які не піддані та піддані впливу певного чинника [27]. Біоіндикацію здійснюють на різних рівнях від молекул і клітин до організмів, видів і екосистем.

Кожен вид рослин може існувати у певному діапазоні значень екологічних параметрів (клімату, трофності ґрунту тощо). Стосовно кожного чинника визначено амплітуду між максимальними та мінімальними значеннями, а в її межах виділяють зони оптимуму (близько 30 % амплітуди), субоптимуму та песимуму [133]. Під впливом природних і антропоїчних чинників екологічні умови змінюються і стають більш сприятливими для одних видів і менш сприятливими для інших. У результаті видовий склад рослин змінюється. Тому знаючи амплітуди екологічних чинників стосовно певних видів рослин можливо виявити за їхнім складом певні зміни в

екосистемі [14].

Для оцінювання впливу антропоційного навантаження на паркові екосистеми ми обрали деревні рослини, які ростуть багато років на одному місці й реагують на сукупність впливів різноманітних сприятливих і несприятливих чинників [60]. Модельним об'єктом слугував Прирічковий парк міста Полтава, який було створено у ХІХ столітті. Дослідження в цьому парку представляють інтерес, оскільки його територія характеризується мозаїчним рельєфом прируслової та центральної частини заплави Ворскли та різноманітними угрупованнями дерев [104].

Історію та ландшафтно-географічні особливості парку відображено в попередніх дослідженнях науковців [13, 101–104]. Оцінюванню задовільності умов середовища окремих екотопів парку не було приділено достатньо уваги, хоча це є важливим для планування в майбутньому впорядкувальних і облаштувальних робіт, спрямованих на підвищення ефективності використання території для потреб рекреації, екологічного туризму та екологічного просвітництва з максимальним збереженням і підвищенням біорізноманіття.

Метою досліджень було виявлення відповідності видового складу деревних рослин Прирічкового парку м. Полтава екологічним умовам шляхом аналізу амплітуди провідних екологічних чинників.

Відповідно до мети сформовано такі завдання: оцінити таксономічний склад і показники біорізноманіття деревних видів та порівняти їх у різних зонах Прирічкового парку; зіставити екологічні амплітуди чинників, що характеризують освітлення та деякі характеристики ґрунту, у різних зонах парку з вимогами представлених видів дерев.

В обстежених насадженнях визначено 12 видів листяних дерев – представників семи родів шести родин (табл. 4.2).

Таблиця 4.2

Таксономічний склад дендрофлори прирiчкового парку м. Полтава

Родина	Рiд	Кiлькiсть видiв	Назва видiв
Salicaceae	<i>Populus</i> L.	4	<i>P. alba</i> L. – тополя бiла <i>P. nigra</i> L. – тополя чорна <i>P. pyramidalis</i> <u>Rozier</u> – тополя пiрамiдальна <i>P. tremula</i> L. – осика
	<i>Salix</i> L.	2	<i>S. babylonica</i> L. – верба вавилонська <i>S. alba</i> L. – верба бiла
Betulaceae	<i>Betula</i> Roth.	1	<i>B. pendula</i> Roth. – береза повисла
Sapindaceae	<i>Acer</i> L.	2	<i>A. negundo</i> L. – клен ясенolistий <i>A. platanoides</i> L. – клен гострolistий
Fabaceae	<i>Robinia</i> L.	1	<i>R. pseudoacacia</i> L. – робiнiя звичайна
Malvaceae	<i>Tilia</i> L.	1	<i>T. cordata</i> Mill. – липа серцелиста
Fagaceae	<i>Quercus</i> L.	1	<i>Q. robur</i> L. – дуб звичайний
Разом	7	12	–

Половина видiв (6 видiв) належать до родини Salicaceae, зокрема 4 види роду *Populus* L. i 2 види роду *Salix* L. Клен (*Acer* L.) з родини Sapindaceae представлений двома видами, а решта родин – одним видом кожна.

Видовий склад дерев i представництво окремих видiв вiдрiзнялися за зонами парку (табл. 4.3).

Загалом у зонах 1, 2 i 3 визначено 10, 8 i 7 видiв дерев вiдповiдно. В усiх трьох зонах парку представленi однаковi 6 видiв дерев – 2 види кленiв, тополя пiрамiдальна, осика, верба бiла та липа серцелиста. П'ять видiв представленi лише в однiй зонi кожен: тополя бiла, робiнiя звичайна та верба вавилонська – лише в зонi 1, тополя чорна – лише в зонi 2, дуб звичайний – лише в зонi 3.

Таблиця 4.3

Представництво видів листяних дерев у зонах парку (%)

Види дерев	Зона 1	Зона 2	Зона 3
<i>Acer negundo</i> L.	10,0	26,3	15,8
<i>Acer platanoides</i> L.	5,0	15,8	10,5
<i>Betula pendula</i> Roth	15,0	5,3	0,0
<i>Populus pyramidalis</i> Rozier	5,0	10,5	21,1
<i>Populus alba</i> L.	5,0	0,0	0,0
<i>Populus nigra</i> L.	0,0	5,3	0,0
<i>Populus tremula</i> L.	15,0	15,8	21,1
<i>Quercus robur</i> L.	0,0	0,0	5,3
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	10,0	0,0	0,0
<i>Salix alba</i> L.	20,0	5,3	21,1
<i>Salix babilonica</i> L.	10,0	0,0	0,0
<i>Tilia cordata</i> Mill.	5,0	15,8	5,3

Найбільше різноманіття видів дерев у зоні 1 підтверджує найвище значення індексу Маргалефа і зменшення його у зонах 2 і 3 (рис. 4.5).

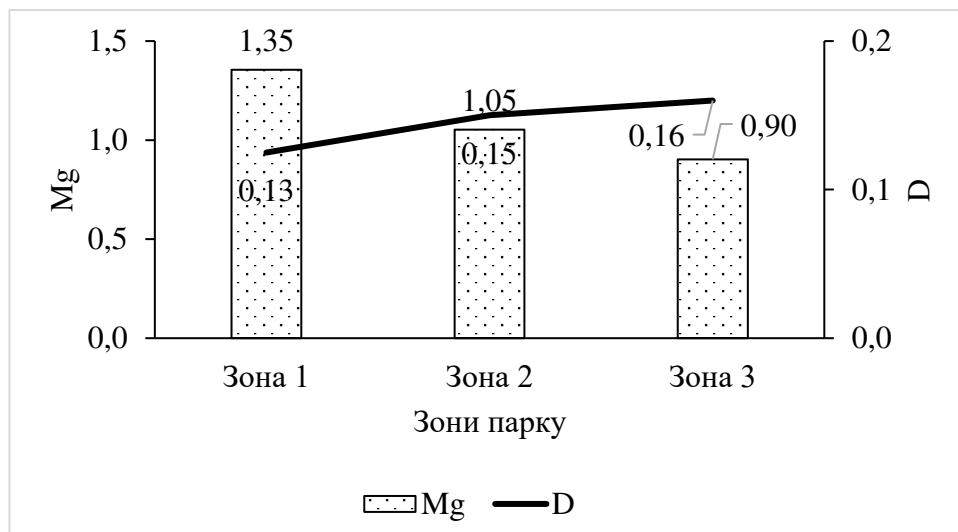


Рис. 4.5. Значення індексів Маргалефа (Mg) та домінування (D) складу видів дерев у різних зонах парку

Представництво окремих видів дерев також відрізняється за зонами (див. рис. 4.5).

Загалом серед облікованих дерев найбільш поширені клен ясенolistий, що переважає в зоні 2, та осика, яка доволі широко представлена в усіх зонах парку з переважанням у зоні 3. Третє місце посідає верба біла, яка широко представлені в зонах 1 і 3 і значно менше в зоні 2. У зоні 1 найбільшою мірою поширені верба біла, осика та береза повисла, у зоні 2 – клен ясенolistий, клен гостролистий, осика та липа серцелиста, а у зоні 3 – верба біла, осика, тополя пірамідальна та клен ясенolistий. Індекс домінування має невисокі значення в усіх зонах, але має тенденцію до збільшення від зони 1 до зони 3, тобто у міру зменшення різноманіття видів дерев (див. рис. 4.5).

Порівняння видового складу дерев у різних зонах парку свідчить про найбільшу подібність між зонами 2 і 3 та 1–2 (рис. 4.6). Найменшою мірою подібний видовий склад дерев у зонах 1–3.

Відмінності видового складу видів дерев пов'язані з їхніми певними вимогами до екологічних чинників.



Рис. 4.6. Значення індексу Сьоренсена-Чекановського (Csc), що порівнює видовий склад дерев у різних зонах парку

Найменше значення показника освітлення (L_c) визначено для зони 2 (рис. 4.7а), де деревостан найбільш густий.

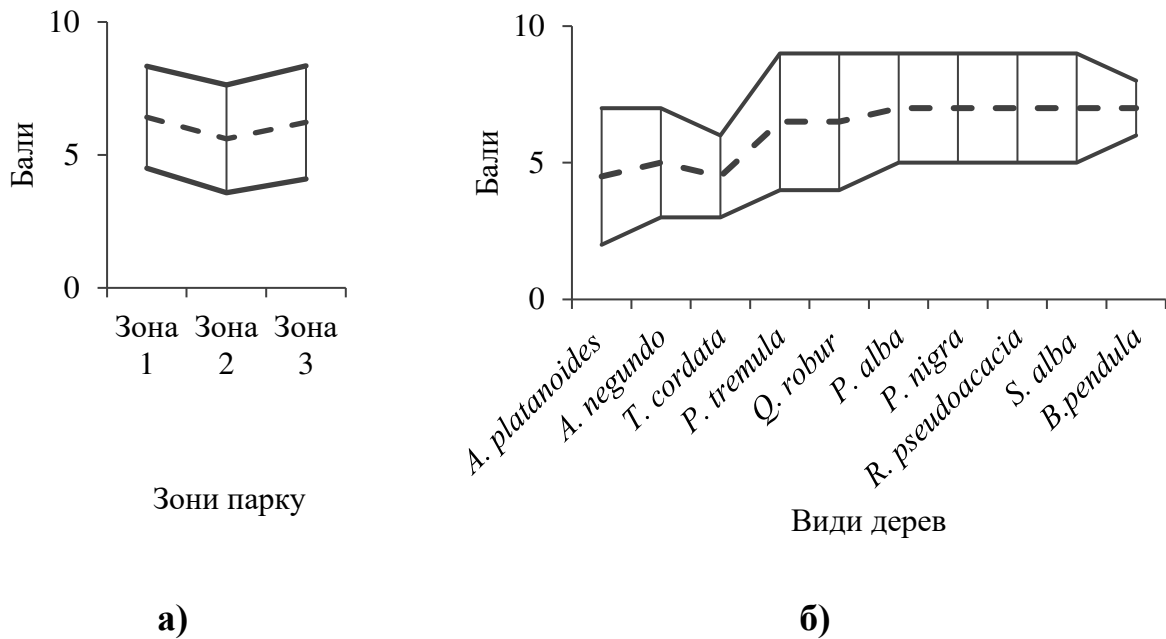
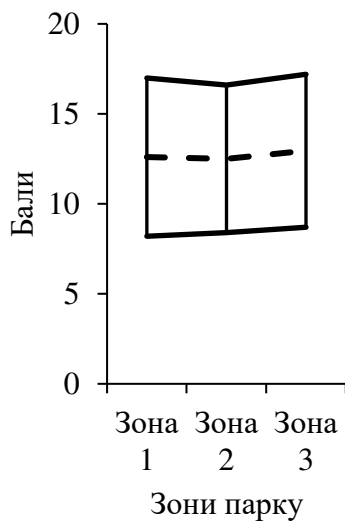


Рис. 4.7. Екологічні амплітуди освітлення (L_c):

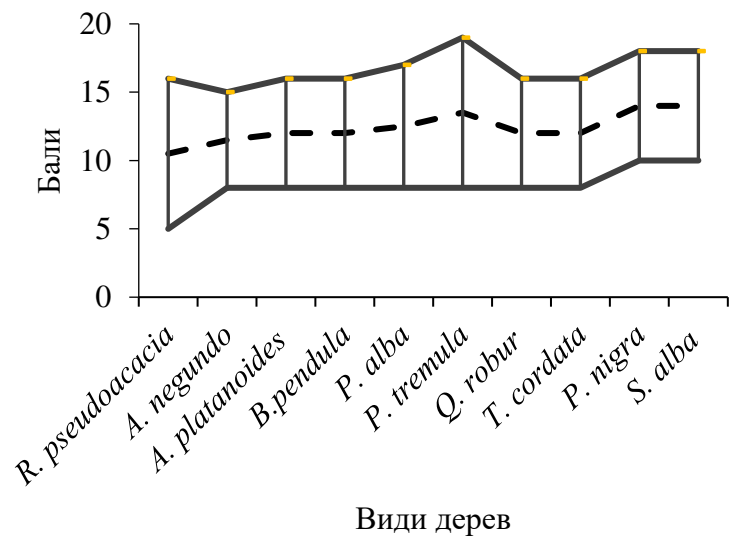
а) в зонах парку; б) за видами дерев.

На ділянці у зоні 2 найбільшою мірою представлені клени та липа (див. табл. 4.3). Найбільш світлолюбні види – робінія та береза – ростуть у зоні 1, а верба біла – у зонах 1 і 3.

Мінімальне значення вологості ґрунту збільшувалося від зони 1 до зони 3. Максимальне значення також було найбільшим у зоні 3, але найменшим – у зоні 2 (рис. 4.8а). Діапазон толерантності до чинника вологості ґрунту є найбільшим стосовно осики (рис. 4.8б), яка поширена в усіх трьох зонах парку. Найменшу нижню межу толерантності за цим чинником має робінія (5 балів), але верхня (16 балів) межа не поступається більшості представлених у парку лісових порід. Водночас робінію виявили лише в зоні 1, оскільки її поширення обмежили інші чинники.



а)

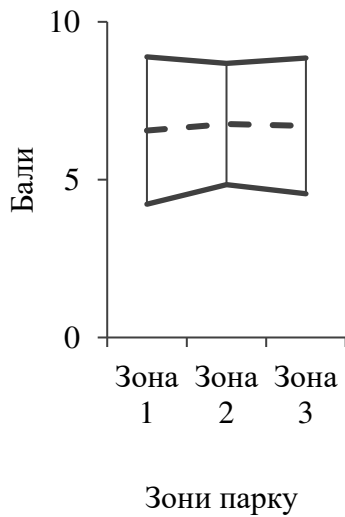


б)

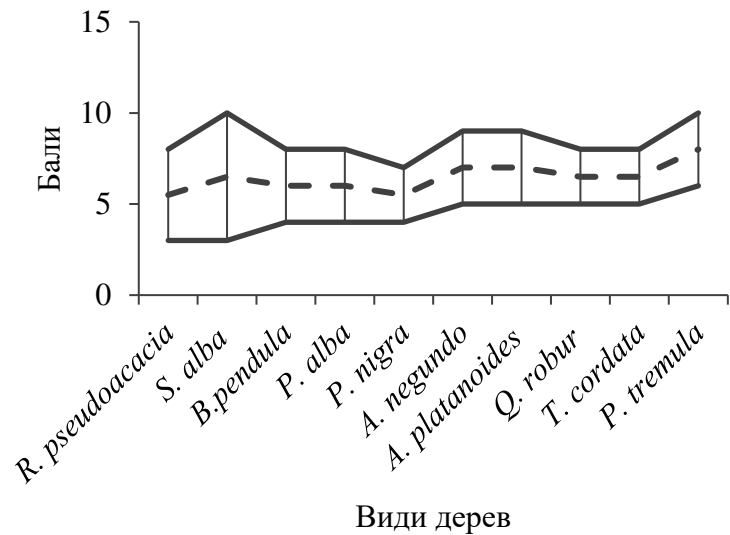
Рис. 4.8. Екологічні амплітуди вологості ґрунту (Hd):

а) в зонах парку; б) за видами дерев.

Мінімальне значення показника аерації ґрунту (Ae) було найменшим у зоні 1, а найбільшим – у зоні 2 (рис. 4.9а).



а)



б)

Рис. 4.9. Екологічні амплітуди аерації ґрунту (Ae):

а) в зонах парку; б) за видами дерев.

Водночас середнє значення показника збільшувалося від зони 1 до зони 3. Найменше значення показника аерації ґрунту в зоні 1 пояснюється його найбільшим ущільненням у зв'язку з рекреаційним навантаженням. Нижня межа толерантності до аерації ґрунту збільшується від робінії (3 бала) до осики (6 балів). Верхня межа показника є найбільшою стосовно верби білої та осики (10 балів), амплітуда – також стосовно верби білої (рис. 4.9б).

Максимальне значення показника кислотного режиму ґрунту (R_c) було однаковим у зонах 1 і 2 і дещо більшим у зоні 3, а мінімальне – найменшим у зоні 1 (рис. 4.10а).

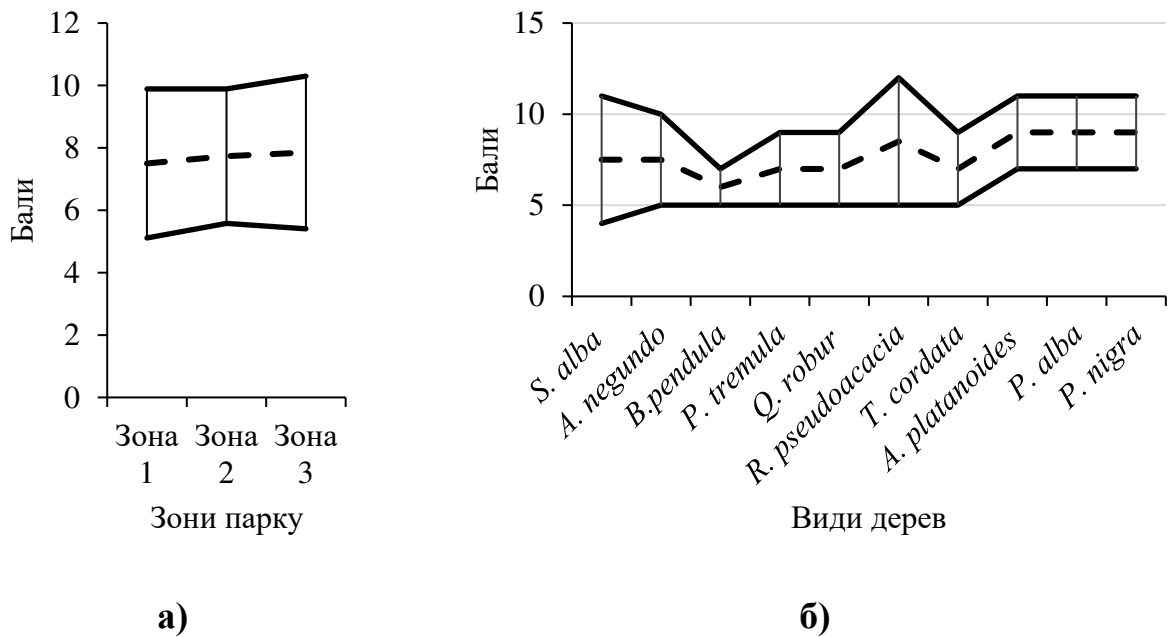


Рис. 4.10. Екологічні амплітуди кислотного режиму ґрунту (R_c):

а) в зонах парку; б) за видами дерев.

Нижня межа толерантності до кислотного режиму ґрунту збільшується від верби білої (4 бала) до тополі чорної (7 балів), верхня межа має найменше значення в берези (7 балів), найбільше – в робінії (бали). Амплітуда толерантності становить 2 бала в берези і 7 балів стосовно верби білої та робінії (рис. 4.10б).

Одержані дані дають змогу продовжити дослідження стану найбільш поширених видів дерев та стійкості до природних і антропогенних чинників їхнього пошкодження та ураження, зокрема рекреації, викидів транспортних засобів, комах-фітофагів і збудників хвороб.

Порівняння екологічних амплітуд визначених показників у зонах парку свідчить, що значення всіх проаналізованих чинників відрізняються за зонами в межах одного бала (рис. 4.11).

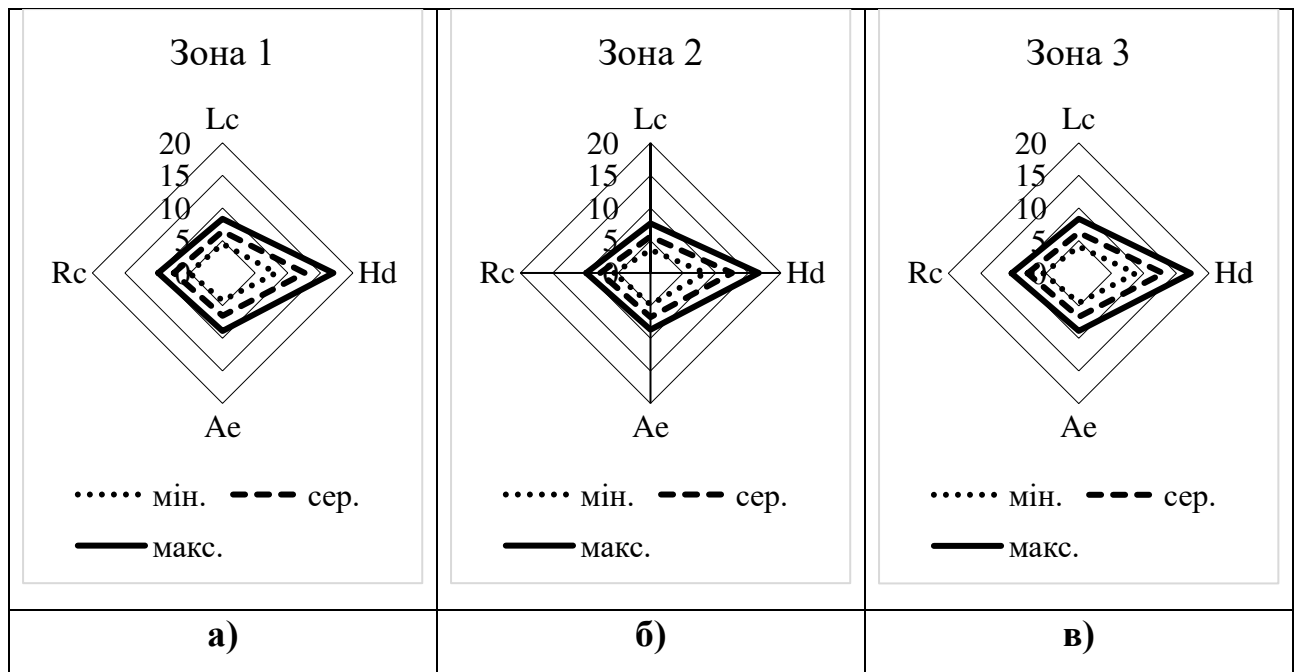


Рис. 4.11. Екологічні амплітуди визначених показників у різних зонах парку

Умови в усіх зонах сприятливі для більшості проаналізованих видів дерев, що свідчить про можливість врахування зазначеного підходу під час оцінювання нових видів для розширення їхнього асортименту.

Висновки до розділу

1. В обстежених вуличних і паркових насадженнях м. Полтави визначено 30 видів дендрофлори з 21 роду 15 родин. Серед 15 чужоземних видів 8 мають походження з Північної Америки, 2 – з Середземномор'я, а решта мають доволі широкий ареал

2. Понад 50 % видів припадає на представників чотирьох родин: Rosaceae, Salicaceae, Pinaceae та Fabaceae. За кількістю екземплярів найбільшою мірою представлені *Acer platanoides*, *Aesculus hippocastanum*, *Tilia cordata* та *Populus nigra*.

3. *A. platanoides*, *T. cordata* та *Robinia pseudoacacia* представлені на понад 90 % пробних площ, *B. pendula*, *P. nigra*, *Ae. hippocastanum*, *S. alba* та *Rh. typhina* – на 50–83.3 % пробних площ.

4. У міру підвищення рівня антропоїчного навантаження індекси видового багатства (D_{Mn}), вирівняності (E_H) та різноманітності (H) у вуличних насадженнях виявляли тенденцію до збільшення, а індекс домінування (D_{BP}) – до зменшення.

5. Видовий склад дендрофлори вулиць і парків в об'єднаній вибірці даних із усіх пробних площ є доволі близьким ($C_{sc}=0,75$). Різниці між видовим складом дендрофлори у вуличних і паркових насадженнях збільшувалися у міру підвищення інтенсивності антропоїчного навантаження (C_{sc} – від 0,50 до 0,61). Подібність складу вуличних насаджень із низьким і високим антропоїчним навантаженням є найменшою ($C_{sc}=0,22$), а з помірним і високим навантаженням – найбільшою ($C_{sc}=0,62$).

6. У Прирічковому парку м. Полтава визначено 12 видів листяних дерев – представників семи родів шести родин відділу Angiospermae, або Magnoliophyta. Найбільше значення індексу Маргалефа та найменше значення індексу домінування розраховано в зоні 1 (з найвищим рекреаційним

навантаженням). Індекс Сьоренсена-Чекановського свідчить про найменшу подібність видового складу дерев 1 і 3.

7. Найменше значення показника освітлення (L_c) визначено для зоні 2, де деревостан найбільш густий. Найбільш світлолюбні види – робінія та береза – ростуть у зоні 1 (з високим рекреаційним навантаженням). Діапазон толерантності до чинника вологості ґрунту (H_d) є найбільшим стосовно осики, яка поширена в усіх трьох зонах парку. Найменше значення показника аерації ґрунту (A_e) в зоні 1 пояснюється його найбільшим ущільненням у зв'язку з рекреаційним навантаженням. Показник кислотного режиму ґрунту (R_c) збільшується у зоні 3, де ростуть верби й тополі.

8. Екологічні умови в усіх зонах Прирічкового парку сприятливі для більшості представлених видів дерев, що свідчить про можливість врахування методики оцінювання екологічних амплітуд чинників під час вибору видів для розширення їхнього асортименту.

9. Одержані дані дають змогу продовжити дослідження стану найбільш поширених видів дерев і стійкості до природних і антропогенних чинників їхнього пошкодження та ураження, зокрема рекреації, викидів транспортних засобів, комах-фітофагів і збудників хвороб.

Основні публікації дисертанта за матеріалами розділу:

Орловський О.В. Індикація екологічних умов за складом дендрофлори у різних зонах Прирічкового парку м. Полтава. Біологія та екологія. 2024. Т.10. №1. С. 32–40. [78].

Орловський О.В. Різноманіття дендрофлори парків і вулиць Полтави в умовах антропогенного навантаження. Біорізноманіття, екологія та експериментальна біологія, 2024, Том 26, №1. С. 88–98. [80].

Орловський О.В. Систематичний аналіз декоративних сортів та форм дерев в озелененні вулиць м. Полтава. Сьома міжнародна конференція

молодих учених «Харківський природничий форум». (16–17 травня 2024 р.): зб. наук. праць. Харків: ХНПУ імені Г. С. Сковороди, 2024. С. 99–100. [81].

Орловський О.В. Поширеність і показники стану окремих видів дендрофлори м. Полтави. «Наукові читання імені В.М. Виноградова»: Матеріали VI-ої Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти та молодих учених. 23–24 травня 2024 року. Херсон: 2024. С.76–78. [79].

РОЗДІЛ 5

САНІТАРНИЙ СТАН ДЕРЕВ В УМОВАХ АНТРОПІЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ

В урбоценозах дерева піддаються впливу різноманітних антропоічних чинників. Одним із найбільш важливих чинників негативного впливу на санітарний стан дерев є забруднення повітря викидами транспортних засобів, а іншими – обмеження росту коріння та механічні пошкодження.

Ослаблені дерева стають сприйнятливими до дії інших природних і антропоічних чинників, зокрема до пошкодження кліщами та комахами й ураження збудниками хвороб. При цьому дерева не можуть повноцінно виконувати екологічні функції – виділяти в достатньому обсязі кисень, зволожувати повітря, затримувати пил, пом'якшувати мікроклімат тощо. Десятиріччями фахівці підбирали асортимент дерев, які витримують техногенне навантаження в містах. Водночас на тлі зміни клімату та збільшення інших чинників антропоічного навантаження доводиться коригувати уявлення щодо стійкості тих чи інших видів рослин в умовах міста.

5.1. Показники санітарного стану дерев залежно від інтенсивності руху транспорту

Для аналізу вибрано результати оцінювання 10 найбільш поширених видів дерев, які були представлені на пробних площах із низькою, середньою та високою інтенсивністю руху транспорту не менше ніж по 30 екземплярів діаметром від 20 до 40 см (для запобігання впливу віку насаджень на результати оцінювання).

Це – дуб звичайний (*Quercus robur* L.), дуб червоний (*Quercus rubra* L.), береза повисла (*Betula pendula* Roth.), тополя біла (*Populus alba* L.), тополя

чорна (*Populus nigra* L.), липа серцелиста (*Tilia cordata* Mill.), клен ясенolistий (*Acer negundo* L.), клен гостролистий (*Acer platanoides* L.), робінія звичайна (*Robinia pseudoacacia* L.) та гіркокаштан звичайний (*Aesculus hippocastanum* L.).

Аналіз результатів обстеження дерев свідчить, що загалом за санітарним станом більшість екземплярів можна вважати здоровими, але індекс санітарного стану всіх видів дерев збільшувався у міру наростання інтенсивності руху транспорту. На рис. 5.1–5.3 види дерев розміщені у міру зменшення значень показника за найвищої інтенсивності руху транспорту.

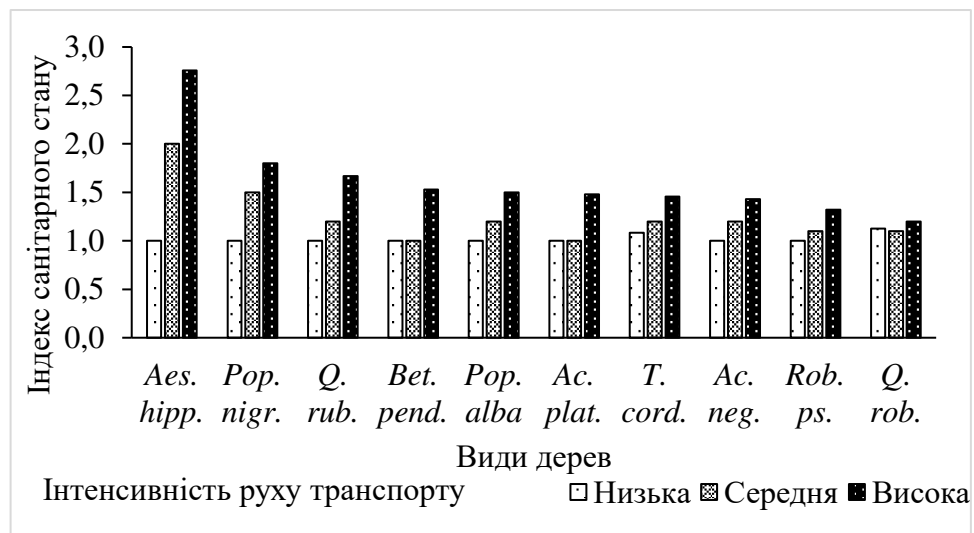


Рис. 5.1. Індекс санітарного стану дерев різних видів на пробних площах у міських насадженнях із різною інтенсивністю руху транспорту.

Найгіршим санітарним станом характеризувалися дерева гіркокаштана звичайного, які щороку пошкоджував каштановий мінер (*Cameraria ohridella* Deschka & Dimić, 1986). За високої інтенсивності руху транспорту індекс стану цих насаджень наближувався до 3 (див. рис. 5.1).

Помітно гіршим є стан тополі чорної та дуба червоного в умовах інтенсивного руху транспорту. Найменшою мірою погіршився стан дуба звичайного та робінії звичайної (до 1,2 та 1,3 відповідно).

На відміну від категорії санітарного стану, яка за низької інтенсивності руху транспорту не перевищувала 1, рівень дефоліації окремих видів дерев варіював на таких ділянках, але не перевищував 5 %. Найбільше перевищення дефоліації за високої інтенсивності руху транспорту визначено у гіркокаштана, дещо менші – у клена ясенolistого, дуба звичайного та клена гостролистого (див. рис. 5.2).

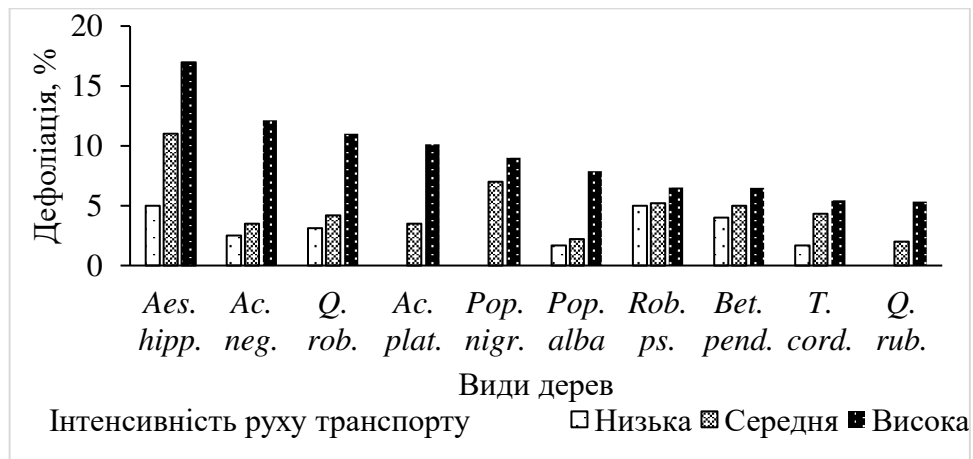


Рис. 5.2. Дефоліація крон дерев різних видів на пробних площах у міських насадженнях із різною інтенсивністю руху транспорту.

Гіркокаштан звичайний мав також найбільшу частку сухих гілок у кронах навіть на ділянках із низькою інтенсивністю руху транспорту (див. рис. 5.3).

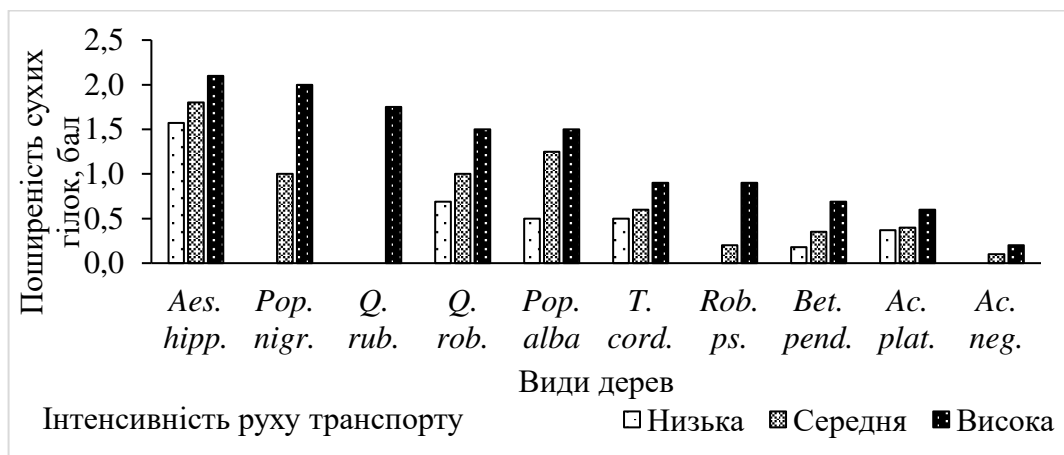


Рис. 5.3. Поширеність сухих гілок дерев різних видів на пробних площах у міських насадженнях із різною інтенсивністю руху транспорту.

За високої інтенсивності руху транспорту цей показник був найвищим у гіркокаштана, тополі чорної (2,1 та 2 бала відповідно), дещо меншим – у дубів звичайного та червоного (1,5 бала). Найменші значення показника оцінено у клена ясенolistого (0,2 бала).

Таким чином, на інтенсивність руху транспорту найбільшою мірою реагували гіркокаштан звичайний и тополя чорна, які можуть слугувати біоіндикаторами забруднення міського середовища викидами транспорту.

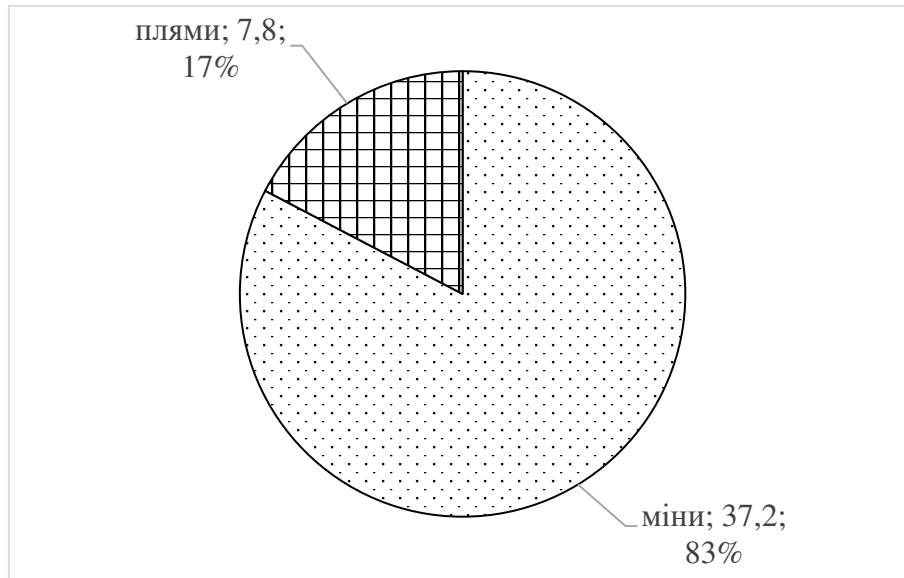
5.2. Пошкодження листя дерев різними чинниками залежно від інтенсивності руху транспорту

Аналіз листків, зібраних з чотирьох найбільш поширених видів дерев (гіркокаштана звичайного, клена гостролистого, берези повислої та липи серцелистої) виявив пошкодження декількох типів: опіки, міни, погризи, уколи, гали та плями.

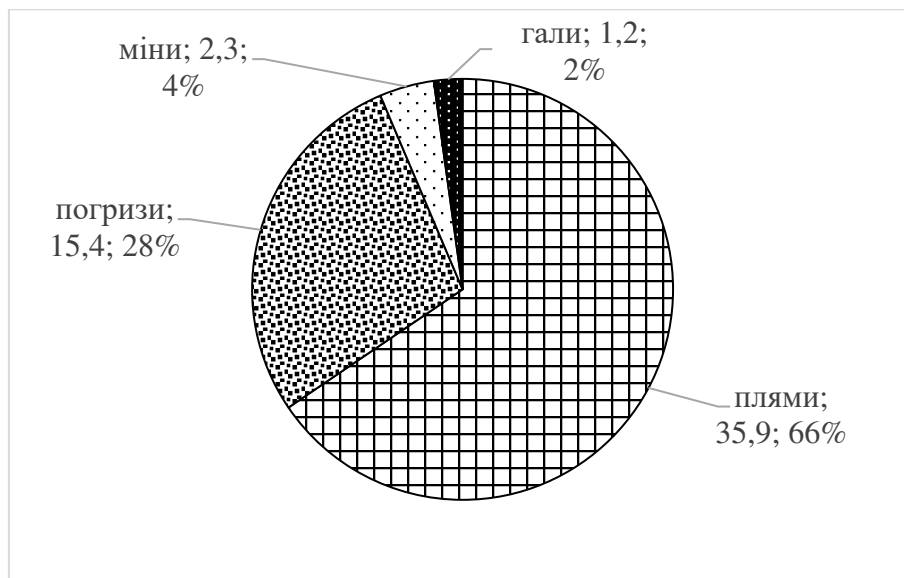
Опіки листя виникали під впливом техногенного забруднення повітря та ґрунту. Плямистості переважно були спричинені грибами, гали – комахами та кліщами, уколи – комахами з колючо-сисним ротовим апаратом, погризи – комахами з гризучим ротовим апаратом і відкритим способом життя, а міни – комахами з гризучим ротовим апаратом і потаємним способом життя [99, 148].

На листках, зібраних на ділянках із відсутністю техногенного забруднення або невисокою інтенсивністю руху транспорту опіки були відсутні, а поширеність решти типів пошкоджень залежало від виду дерев (рис. 5.4, 5.8).

Так серед пошкоджень листя дерев гіркокаштана звичайного переважали міни, спричинені личинками каштанового мінера *Cameraria ohridella* (рис. 5.5). Такі пошкодження виявлено на 37,2 % всіх оглянутих листків дерев цього виду, а серед листків із наявністю пошкоджень становили 83 % (див. рис. 5.4а).



а – гіркокаштан звичайний *Aesculus hippocastanum*



б – клен гостролистий *Acer platanoides*

Рис. 5.4. Співвідношення листків із різними типами пошкоджень, зібраних з дерев гіркокаштана звичайного та клена гостролистого на ділянках із відсутністю техногенного забруднення (позначено тип пошкодження; частка від усіх зібраних листків, %; частка від листків із наявністю пошкоджень, %)

Другий тип пошкодження листків гіркокаштана (плями) був спричинений грибом *Guignardia aesculi* (Peck) V.B.Stewart 1916 (Phyllostictaceae) (див. рис. 5.5).



Рис. 5.5. Пошкодження листя гіркокаштана звичайного каштановим мінером (ліворуч) та грибом *Guignardia aesculi* (праворуч)

Листя клена гостролистого було найбільшою мірою уражено грибами, зокрема *Rhytisma acerinum* (Pers.) Fr. 1819 (Rhytismataceae) (35,9 % від усіх листків і 66 % від усіх пошкоджених листків дерев цього виду) (рис. 5.6).



Рис. 5.6. Чорна плямистість листя клена гостролистого

Друге місце за поширенням на листі клена гостролистого посідали погризи (див. рис. 5.4б). Оскільки в роки досліджень спалахів масового розмноження комах-листогризів з родини Lepidoptera не відмічалось, погризи були переважно спричинені жуками різних родин (зокрема Curculionidae) під

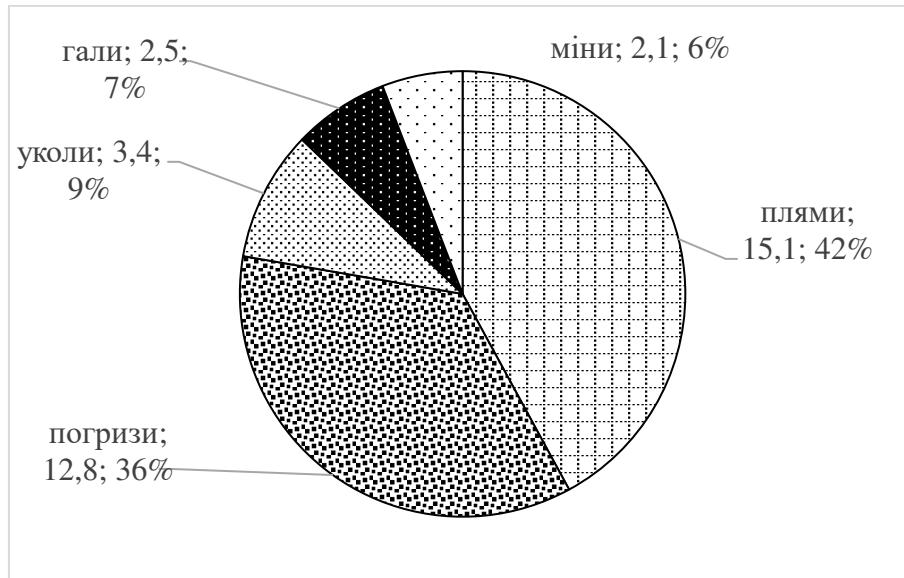
час додаткового живлення. На порівняно невеликій кількості листків траплялися міни та гали.

На листках дерев берези повислої, що росли на ділянках із відсутністю або низькою інтенсивністю руху транспорту, виявлено найбільшу кількість типів пошкоджень (див. рис. 5.8а). Найчастіше траплялися плямистості та погризи, поширення яких становило 15,1 і 12,8% від усіх проаналізованих листків берези повислої та 42 і 36 % від усіх листків цього виду з наявністю пошкоджень. Значно меншою мірою були поширені уколи, гали та міни. Іноді на одному листку траплялися одночасно пошкодження різного типу (рис. 5.7).

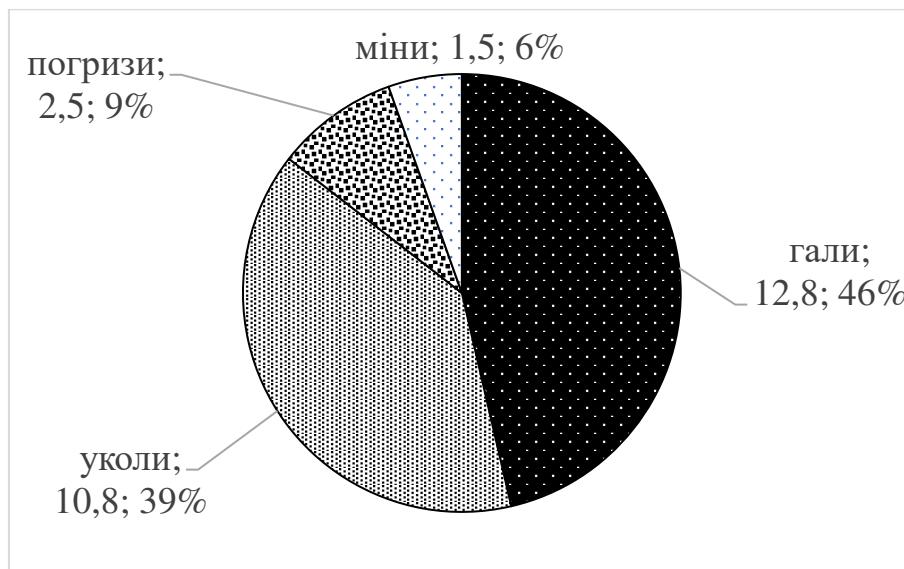


Рис. 5.7. Пошкодження листків берези повислої
(ліворуч плями та погриз; праворуч – уколи)

На листі липи серцелистої, що росли на ділянках із відсутністю або низькою інтенсивністю руху транспорту, переважали два типи пошкоджень (гали та уколи), поширеність яких становила – 12,8 і 10,8 % від усіх листків і 46 і 39 % від пошкоджених листків (див. рис. 5.8б).



а – береза повисла *Betula pendula*



б – липа серцелиста *Tilia cordata*

Рис. 5.8. Співвідношення листків із різними типами пошкоджень, зібраних з дерев берези повислої та липи дрібнолистої на ділянках із відсутністю техногенного забруднення (позначено тип пошкодження; частка від усіх зібраних листків, %; частка від листків із наявністю пошкоджень, %)

Гали спричиняли кліщі – липовий галовий кліщ *Eriophyes tiliae* (Pagenstecher, 1857) і липовий повстяний кліщ *Eriophyes exilis* (Nalepa, 1892)

(рис. 5.9), а уколи – клопи та попелиці, зокрема *Eucallipterus tiliae* (Linnaeus, 1758) (ряд Hemiptera).



Рис. 5.9. Пошкодження листків липи, спричинені галовими кліщами (ліворуч – повстятим; праворуч – галовим)

Пошкодження листя липи серцелистої типів «погризи» та «міни» (рис. 5.10) виявляли порівняно нечасто.



Рис. 5.10. Пошкодження листків липи серцелистої типів «погризи» та «міни»

Погризи листя переважно спричиняли жуки (Coleoptera), а міни – представниками родини Gracillariidae (Lepidoptera). У зв'язку з невеликим представництвом листків точне визначення видового складу цих комах не було можливим.

Зіставлення поширення листків із наявністю та відсутністю пошкоджень свідчить, що частка листків без пошкоджень мала тенденцію до зменшення, а листків із наявністю пошкоджень – до збільшення на ділянках із більшою інтенсивністю руху транспорту (рис. 5.11).

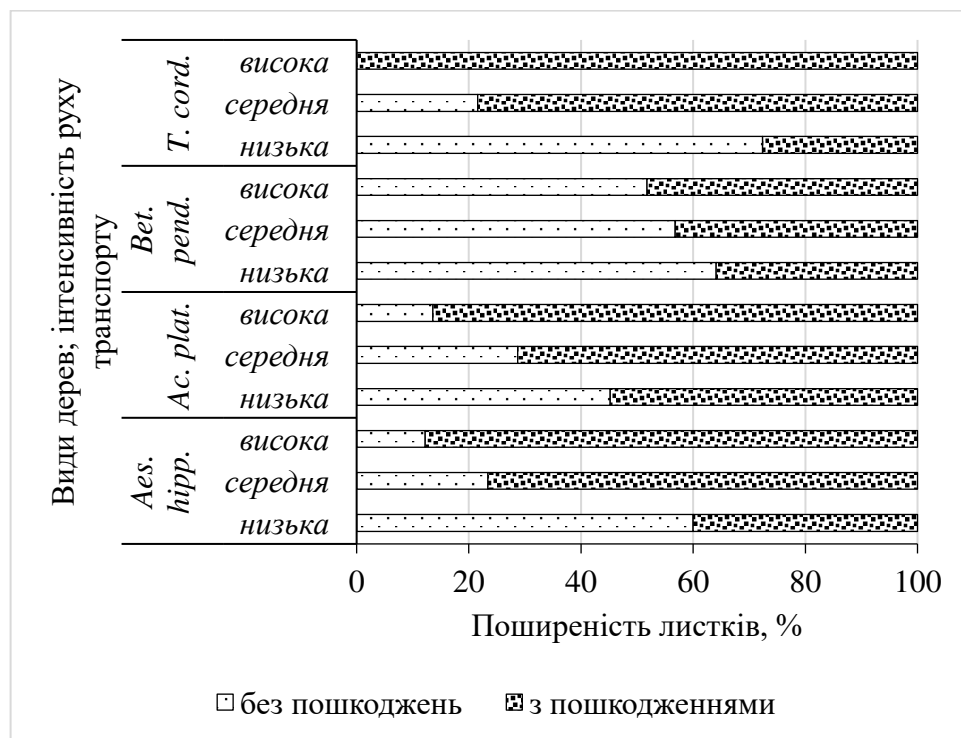


Рис. 5.11. Співвідношення пошкоджених і непошкоджених листків чотирьох видів дерев на ділянках із різною інтенсивністю руху транспорту

За відсутності та низької інтенсивності руху транспорту найбільше поширення листків без пошкоджень виявлено в дерев липи дрібнолистої ($72,4 \pm 4,47\%$), а найменше – у клена гостролистого ($45,2 \pm 4,98\%$). Береза повисла та гіркокаштан звичайний посідали проміжне місце за цим показником ($64,1 \pm 4,8$ і $60,0 \pm 4,9\%$).

На ділянках із високою інтенсивністю руху транспорту поширеність листків липи серцелистої з наявністю пошкоджень сягала 100 %, гіркогоаштана звичайного та клена гостролистого – 87,8 і 86,4%, а берези повислої – лише 48,2 % (див. рис. 5.11).

При цьому для всіх видів дерев відмічено появу опіків листя в умовах середньої інтенсивності руху транспорту та збільшення частки листків із опіками на ділянках із високою інтенсивністю руху транспорту (рис. 5.12–5.15).

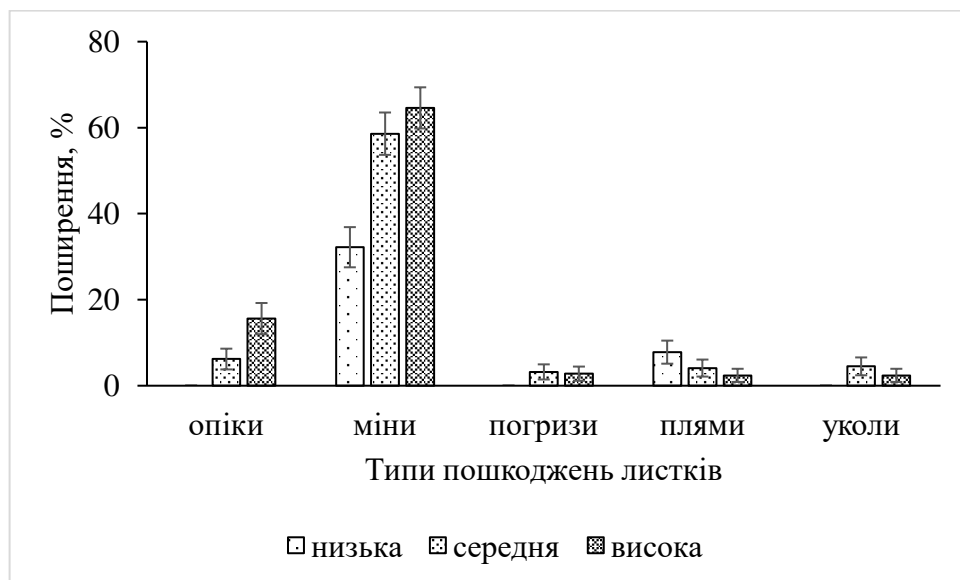


Рис. 5.12. Поширеність окремих типів пошкоджень листків гіркогоаштана звичайного за різної інтенсивності руху транспорту (низька, середня, висока)

Водночас поширення листків з опіками було найбільшим на липі серцелистій (10,2±3,03 % і 42,2±4,94 % на ділянках із середньою та високою інтенсивністю руху транспорту відповідно) та на клені гостролистому (12,5±3,31 % і 36,3±4,81 % відповідно). Цей показник виявився значуще меншим на березі повислій (7,4±2,62 % і 22,3±4,16 % відповідно) та на гіркогоаштані звичайному (6,2±2,41 % та 15,6±3,63 % відповідно) (див. рис. 5.12–5.15).

Зазначені відмінності у поширенні пошкоджень листя окремих видів дерев можуть бути пояснені з урахуванням типів пошкоджень.

Так серед пошкоджень листя гіркокаштана звичайного на ділянках з різною інтенсивністю руху транспорту переважали міни каштанового мінера, причому їхня поширеність за високої інтенсивності руху транспорту була вдвічі більшою, ніж за його відсутності ($t=4,8$; $t_{0,001}=3,34$; $p<0,001$) (див. рис. 5.12). Це можна пояснити тим, що гусениці каштанового мінера мають потаємний спосіб життя і захищені від прямого впливу токсичних речовин. До того ж цей шкідник в умовах вищої температури повітря, яка характерна для вуличних насаджень у порівнянні з парковими [63], прискорює розвиток і збільшує кількість поколінь, що також сприяє його поширенню. Опіки були поширені значно менше, ніж міни, але поширеність опіків на ділянках із високою інтенсивністю руху транспорту була значуще більшою, ніж на ділянках із середньою інтенсивністю руху транспорту ($t=2,2$; $t_{0,05}=1,97$; $p<0,05$). Водночас можна помітити, що поширеність погризів та уколів листя гіркокаштана звичайного мають тенденцію до зменшення у міру збільшення техногенного навантаження, хоча різниці не значущими у зв'язку з невисокою часткою таких листків. Хоча зменшення поширеності плямистостей листя гіркокаштана звичайного, спричинених грибами, є значущим лише при $p<0,1$, можна припустити, що на збудники плямистості також негативно впливають забруднювачі повітря.

На листі клена гостролистого поширеність опіків за високої інтенсивності руху транспорту майже втричі більша, ніж за середньої інтенсивності, причому різниці є значущими ($t=4,1$; $t_{0,001}=3,34$; $p<0,001$).

На всіх ділянках на листі клена гостролистого серед біотичних чинників найбільш поширеними були плями, а за високої інтенсивності руху транспорту поширеність плям і опіків не мала значущих різниць (див. рис. 5.13). Поширеність мін, погризів і галів на листі клена гостролистого не мала значущих різниць на ділянках із різною інтенсивністю руху транспорту. Це

може бути пов'язано з невисоким поширенням зазначених пошкоджень у порівнянні з плямами та опіками, причому останні охоплювали значну площу листків, що запобігало розвитку біотичних чинників.

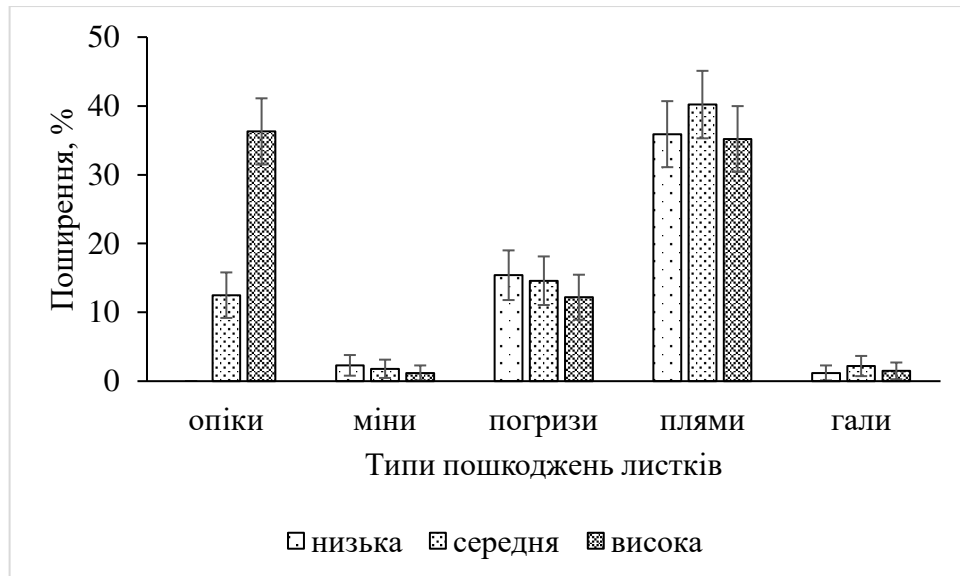


Рис. 5.13. Поширеність окремих типів пошкоджень листків клена гостролистого за різної інтенсивності руху транспорту (низька, середня, висока)

Поширеність опіків листя берези повислої на ділянках із високою інтенсивністю руху транспорту була втричі більшою, ніж на ділянках із середньою інтенсивністю, причому різниці є значущими ($t=3,0$; $t_{0,01}=2,6$; $p<0,01$) (див. рис. 5.14). Різниця в поширенні мін, уколів, погризів і галів на листі берези повислої на ділянках із низькою та високою інтенсивністю руху транспорту не є значущою ($p<0,1$), незважаючи на те, що поширеність погризів виявляє тенденцію до зменшення у міру збільшення інтенсивності руху транспорту (див. рис. 5.14). Можна припустити, що опіки так швидко охоплювали листя, яке розвивалося, що воно втрачало принадність для кліщів, комах і грибів.

Поширеність опіків листя липи серцелистої на ділянках із високою інтенсивністю руху транспорту у понад 4 рази більша, ніж на ділянках із

середньою інтенсивністю руху транспорту ($t=5,5$; $t_{0,001}=3,34$; $p<0,001$) (див. рис. 5.15).

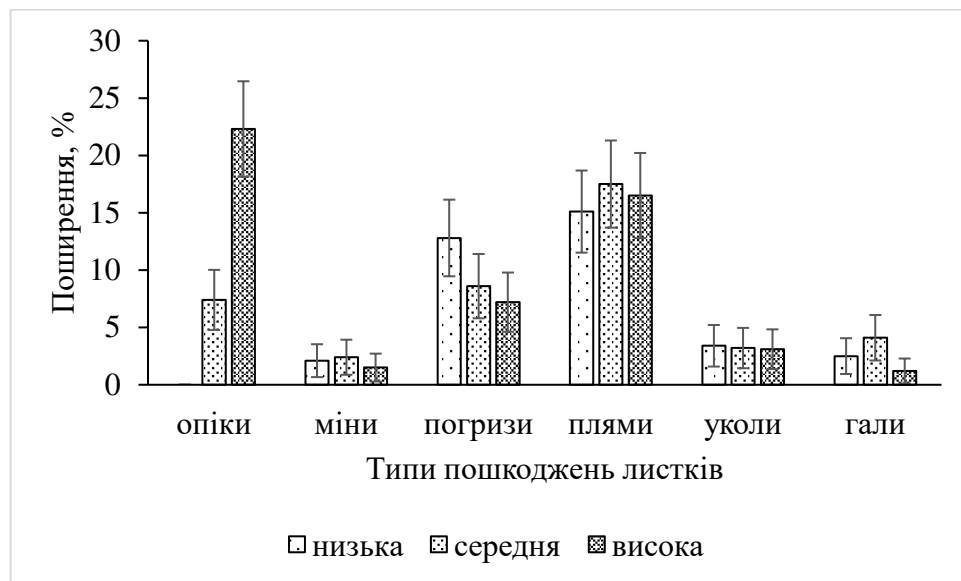


Рис. 5.14. Поширеність окремих типів пошкоджень листків берези повислої за різної інтенсивності руху транспорту (низька, середня, висока)

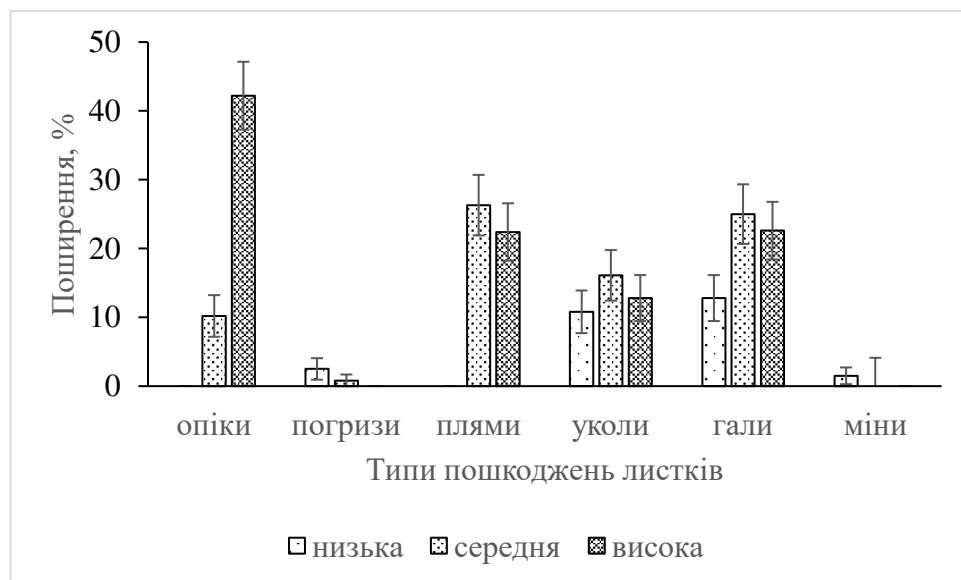


Рис. 5.15. Поширеність окремих типів пошкоджень листків липи дрібнолистої за різної інтенсивності руху транспорту (низька, середня, висока)

Поширеність уколів і галів на ділянках із середньою інтенсивністю руху транспорту була більшою, ніж на ділянках із низькою інтенсивністю руху транспорту. Водночас різниці стосовно уколів не є значущими ($p < 0,05$), а стосовно галів є значущими ($t=2,2$; $t_{0,05}=1,97$; $p < 0,05$). Зменшення поширення листків із уколами та галами на ділянках із високою інтенсивністю руху транспорту не є статистично значущим ($p < 0,1$).

5.3. Поширеність і санітарний стан дерев під різним антропоїчним впливом

Взято до уваги антропоїчний вплив трьох типів: механічних обмежень росту коріння, кронування, викидів транспорту та їхніх поєднань.

Для аналізу вибрано шість видів дерев, які були представлені у насадженнях із наявністю та відсутністю зазначених типів антропоїчного впливу – клен гостролистий (*Acer platanoides*), клен ясенolistий, або американський (*A. negundo*), гіркокаштан звичайний (*Aesculus hippocastanum*), липа серцелиста (*Tilia cordata*), береза повисла (*Betula pendula*) та робінія звичайна (*Robinia pseudoacacia*).

Стосовно кожного із зазначених видів визначено частку дерев (%), які піддані тому чи іншому антропоїчному впливу чи їхнім поєднанням, від загальної кількості дерев цього виду, та розраховано середні значення індексу санітарного стану дерев кожного з цих видів у вибірках екземплярів, які піддані тому чи іншому антропоїчному впливу чи їхнім поєднанням.

Механічне обмеження росту коріння констатували, якщо радіус не вкритої асфальтом чи бетоном поверхні становив до 2 м. Ознаки проведення кронування, топінгу чи вирізання окремих гілок діагностували під час огляду крон.

Розрахунок розподілу видів дерев у насадженнях м. Полтава свідчить, що у насадженнях, які не піддаються впливу жодного з облікованих

антропічних чинників, представлені майже половина екземплярів кленів гостролистого та ясенolistого (51,6 і 50 %), дещо більше третини екземплярів робінії звичайної та берези повислої (37,5 і 36,4 %) і менше 20 % екземплярів липи серцелистої та гіркокаштана звичайного (рис. 5.16а).

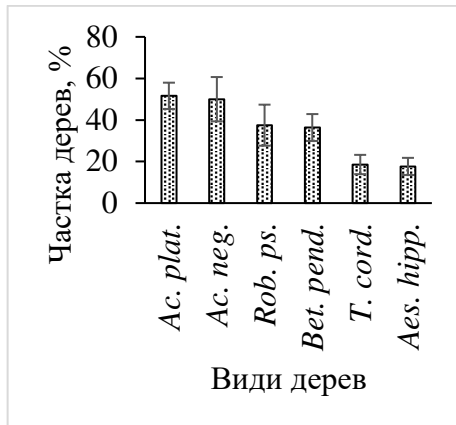
Обмеження росту коріння (наявність твердого покриття у радіусі менше 2 м від стовбура) мають понад 50 % дерев берези повислої, менше – липи серцелистої та клена гостролистого – аборигенні види (рис. 5.16б). Найменше (до 30 %) обмеження росту коріння мають чужоземні види – робінія звичайна, клен американський та гіркокаштан звичайний.

Ознаки впливу на крону (кронування, топінг, вирізання окремих гілок) найчастіше виявлено серед обстежених дерев робінії звичайної (25 % екземплярів), серед близько 10 % екземплярів гіркокаштана звичайного та кленів, а найменше – серед липи серцелистої (1,4 %) (рис. 5.16в).

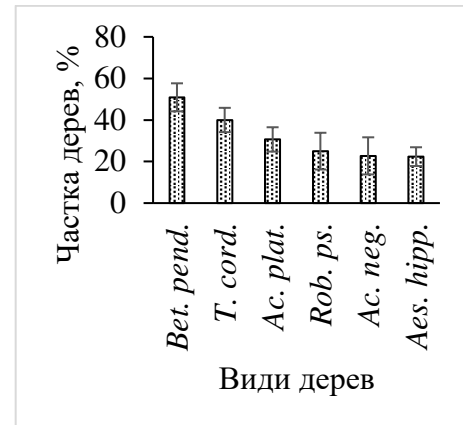
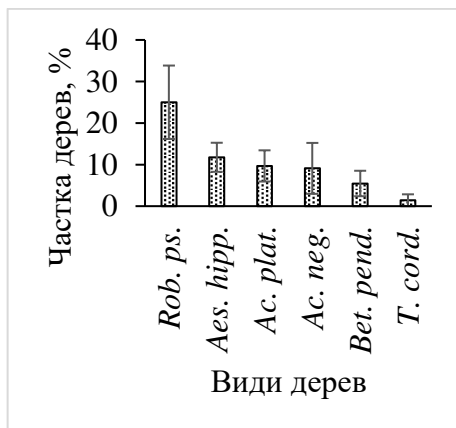
Аналіз поширення дерев, що відчували вплив від заходів обмеження росту коріння та крони, надає інше ранжування (рис. 5.16г). Такому впливу піддаються найбільшою мірою гіркокаштан звичайний і липа серцелиста (48,2 та 41,4 % обстежених дерев). Майже вдвічі меншою є частка у цій групі дерев клена ясенolistого та робінії звичайної (18,2 та 12,5 % відповідно), а екземпляри клена гостролистого та берези повислої становлять менше 10 %.

У групі дерев, що ростуть на ділянках із інтенсивним рухом транспорту (рис. 5.16д), переважали екземпляри берези повислої та гіркокаштана звичайного (72,7 і 71,8 %), а клени становили менше 50 %.

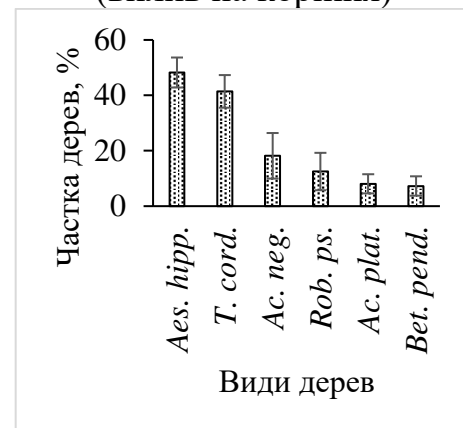
В останній групі дерев, що піддані усім трьом розглянутим видам впливу, переважають липа серцелиста і гіркокаштан звичайний (понад 30 % екземплярів), а найменшою мірою (3,6 %) представлена береза повисла (рис. 5.16е).



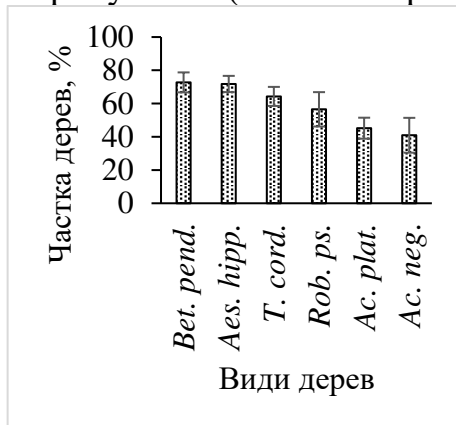
а – контроль (без впливу)

б – обмеження росту коріння
(вплив на коріння)

в – кронування (вплив на крону)



г – вплив на коріння та крону



д – інтенсивний рух транспорту

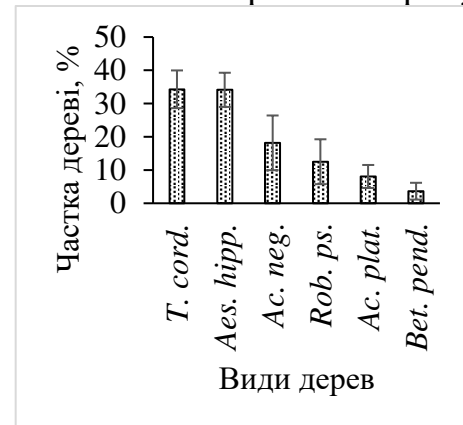
е – вплив на коріння, крону та
забруднення атмосфери викидами
транспорту

Рис. 5.16. Поширеність дерев різних видів у насадженнях, що ростуть під впливом антропогенних чинників та їхніх поєднань (*T.cord.* – *T. cordata*; *Aes. hipp.* – *Aesculus hippocastanum*; *Ac. neg.* – *Acer negundo*; *Rob. ps.* – *Robinia pseudoacacia*; *Ac. plat.* – *Acer platanoides*; *Bet. pend.* – *Betula pendula*; планки – похибки частки)

Показники життєздатності окремих видів дерев також мали особливості у групах із різним впливом антропоічних чинників (рис. 5.17а–5.17е). Відрізнялися як середні значення індексу санітарного стану дерев окремих видів, так і реакція на дії окремих чинників.

Більшість обстежених видів дерев характеризуються в середньому індексом санітарного стану понад 1,5, тобто є ослабленими. До сильно ослаблених належить гіркокаштан звичайний, дерева якого навіть без антропоічного впливу ослаблені внаслідок багаторічного пошкодження листя каштановим мінером (*Cameraria ohridella* Deschka & Dimić, 1986: Lepidoptera: Gracillariidae) (рис. 5.17г).

Аналіз рис. 5.17а–5.17е виявляє тренд до збільшення значення індексу санітарного стану дерев усіх видів у разі дії декількох чинників антропоічного впливу.

Стан дерев усіх видів у насадженнях із інтенсивним рухом транспорту є дещо гіршим, ніж дерев, що не піддаються антропоічному впливу (рис. 5.17а–5.17е). Водночас стан дерев липи серцелистої та гіркокаштана звичайного, які піддані лише впливу викидів транспорту, є дещо кращим, ніж дерев із обмеженням росту коріння, а стан дерев робінії звичайної, липи серцелистої та гіркокаштана звичайного, що ростуть під впливом лише викидів транспорту, є дещо кращим, ніж дерев із механічним впливом на крону.

Водночас індекс санітарного стану робінії звичайної на обмеження росту коріння має таке саме значення, як і за відсутності будь-якого впливу (рис. 5.17а). Це може бути пов'язано з тим, що ця рослина має глибоку та розгалужену кореневу систему і добре адаптована до виростання у складних ґрунтових умовах [136, 154, 193].

Клен ясенolistий має кращий санітарний стан, ніж клен гостролистий, за більшості впливів (рис. 5.17б і 5.17д).

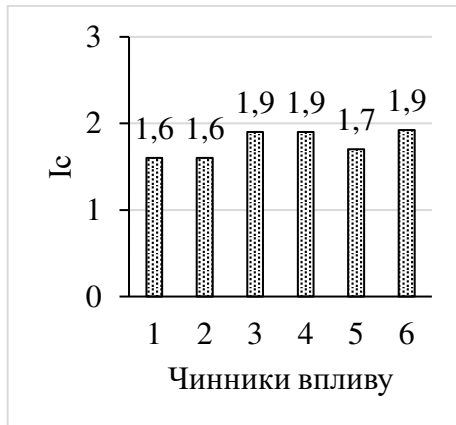
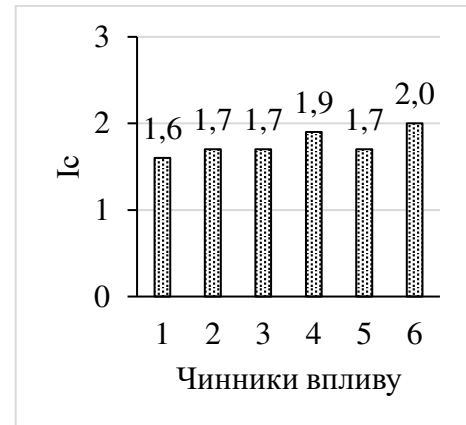
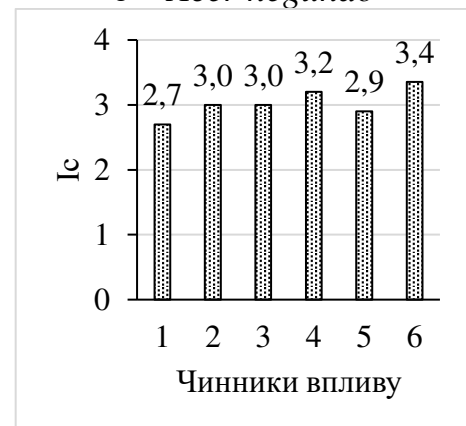
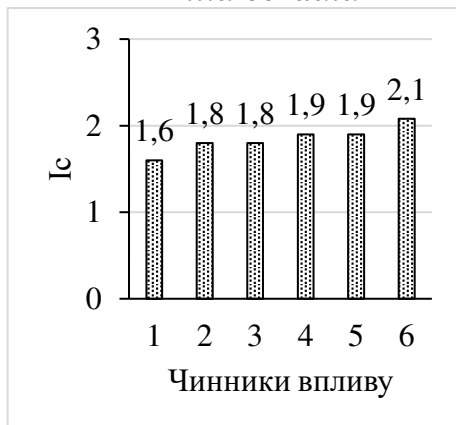
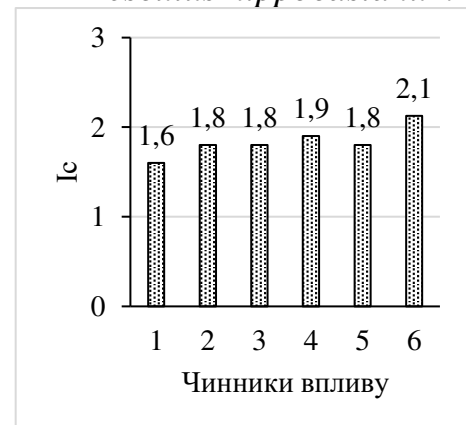
а – *Robinia pseudoacacia*б – *Acer negundo*в – *Tilia cordata*г – *Aesculus hippocastanum*д – *Acer platanoides*е – *Betula pendula*

Рис. 5.17. Значення індексів санітарного стану дерев (Ic), що знаходяться під впливом антропогенних чинників та їхніх поєднань (1 – контроль (без впливу); 2 – обмеження росту коріння (вплив на коріння); 3 – кронування (вплив на крону); 4 – вплив на коріння та крону; 5 – викиди транспорту; 6 – вплив на коріння, крону та забруднення атмосфери викидами транспорту)

Зіставлення індексів санітарного стану розглянутих видів дерев свідчить, що найбільш стійкими до впливів міського середовища є робінія звичайна та клен ясенolistий, а найменш стійкими – гіркокаштан звичайний і липа серцелистна. Водночас обидва види дерев є поширеними в містах багатьох країн, і порівняно гірший їхній стан у наших дослідженнях може бути пов'язаний як із дією окремих чинників, досі недосліджених у Полтаві, зокрема з інвазією каштанового мінера на гіркокаштані та з поширенням збудників грибних хвороб у дерев липи старшого віку.

Висновки до розділу

1. Індекс санітарного стану всіх видів дерев збільшувався у міру наростання інтенсивності руху транспорту. На інтенсивність руху транспорту найбільшою мірою реагували гіркокаштан звичайний и тополя чорна, які можуть слугувати біоіндикаторами забруднення міського середовища викидами транспорту. Найгіршим санітарним станом і найбільшою дефоліацією характеризувалися дерева гіркокаштана звичайного, які щороку пошкоджував каштановий мінер. Найкращим був стан дуба звичайного та робінії звичайної (до 1,2 та 1,3 відповідно).

2. На листі чотирьох найбільш поширених видів дерев (гіркокаштана звичайного, клена гостролистого, берези повислої та липи серцелистої) виявлено опіки, міни, погризи, уколи, гали та плями. На ділянках із високою інтенсивністю руху транспорту поширеність листків липи серцелистої з наявністю пошкоджень сягала 100 %, гіркокаштана звичайного та клена гостролистого – 87,8 і 86,4%, а берези повислої – лише 48,2 %.

3. На листі гіркокаштана звичайного переважали міни, спричинені личинками каштанового мінера *Cameraria ohridella* (37,2 % оглянутих листків, 83% серед листків із наявністю пошкоджень). Листя клена гостролистого було

переважно уражено грибами, зокрема *Rhytisma acerinum* (Rhytismataceae) (35,9 % від усіх листків і 66 % від усіх пошкоджених листків цього виду).

4. На ділянках із відсутністю або низькою інтенсивністю руху транспорту на листках дерев берези повислої найчастіше траплялися плямистості та погризи (15,1 і 12,8% від усіх проаналізованих листків та 42 і 36 % від усіх пошкоджених листків), на листі липи серцелистої переважали гали та уколи (12,8 і 10,8 % від усіх листків і 46 і 39 % від пошкоджених листків).

5. Для всіх видів дерев відмічено появу опіків листя в умовах середньої інтенсивності руху транспорту та збільшення частки листків із опіками на ділянках із високою інтенсивністю руху транспорту. Поширення листків із опіками було найбільшим на липі серцелистій (10,2±3,03 % і 42,2±4,94 % на ділянках із середньою та високою інтенсивністю руху транспорту відповідно) та на клені гостролистому (12,5±3,31 % і 36,3±4,81 % відповідно).

6. Поширеність уколів і галів на ділянках із середньою інтенсивністю руху транспорту була більшою, ніж на ділянках із низькою інтенсивністю руху транспорту. Водночас зменшення поширення листків із уколами та галами на ділянках із високою інтенсивністю руху транспорту не є статистично значущим.

7. У насадженнях м. Полтава в умовах обмеження росту коріння найчастіше ростуть дерева берези повислої, під механічним впливом на крони – дерева робінії звичайної, під одночасним впливом заходів обмеження росту коріння та крони – гірकोкаштан звичайний і липа серцелиста, під впливом викидів транспорту – береза повисла та гірकोкаштан звичайний, а під одночасним впливом на коріння, крону та викидів транспорту – липа серцелиста і гірकोкаштан звичайний.

8. Не піддаються впливу жодного з облікованих антропоічних чинників близько половини обстежених дерев кленів гостролистого та ясенolistого,

дещо більше третини – робінії звичайної та берези повислої і менше 20 % екземплярів липи серцелистої та гіркокаштана звичайного.

9. Стан дерев липи серцелистої та гіркокаштана звичайного, які піддані лише впливу викидів транспорту, є дещо кращим, ніж дерев із обмеженням росту коріння, а стан дерев робінії звичайної, липи серцелистої та гіркокаштана звичайного, що ростуть під впливом лише викидів транспорту, є дещо кращим, ніж дерев із механічним впливом на крону.

10. За санітарним станом обстежені дерева переважно є ослабленими (індекс понад 1,5). Сильно ослабленими є дерева гіркокаштана звичайного, що спричинено багаторічним пошкодженням листя каштановим мінером.

11. Індекс санітарного стану дерев усіх видів має тренд до збільшення у міру зростання антропогенного впливу. Водночас необхідно брати до уваги вік дерев та дію біотичних чинників, специфічних для окремих видів.

Основні публікації дисертанта за матеріалами розділу:

Орловський О.В., Дерев'янку Т.В. Санітарний стан дерев під різним антропогенним впливом у насадженнях Полтави. Біологія та екологія. 2024. Т.10. №2. С. 80–88. [83].

Орловський О.В. Поширеність і показники стану окремих видів дендрофлори м. Полтави. «Наукові читання імені В.М. Виноградова»: Матеріали VI-ої Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти та молодих учених. 23–24 травня 2024 року. Херсон: 2024. С.76–78. [79].

Дерев'янку Т.В., Орловський О.В. Моніторинг стану дерев в урбоценозах м. Полтава. Колесніковські читання : матеріали Всеукр. наук.-практ. конф., Харків, 19 листоп. 2024 р. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2024. С.37–39. ISBN 978-966-695-613-5 [25].

РОЗДІЛ 6

ПОКАЗНИКИ РОСТУ ДЕРЕВ В УМОВАХ АНТРОПІЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ

Викиди транспортних засобів негативно впливають на стан міських дерев, проникаючи в листя та накопичуючись у ґрунті [3, 87]. У різних регіонах визначено асортимент дерев, які витримують таке навантаження і ефективно виконують екологічні функції [189, 195]. Водночас зміна клімату, інвазії чужоземних шкідливих організмів та інші чинники можуть вплинути на вибір дерев у міських насадженнях [50, 122, 162]. З метою виявлення найбільш стійких видів і ділянок із найбільшим проявом негативної дії оцінюють комплексний вплив чинників на стан дерев. Серед методів фітоіндикації найбільш доступним є застосування морфометричних показників [5].

6.1. Морфометричні показники дерев на ділянках із різною інтенсивністю руху транспорту

З метою виявлення залежності деяких морфологічних показників дерев від інтенсивності руху транспорту оцінювали приріст пагонів, кількість листків на пагоні, площу листка та частку пошкодженої площі листка на прикладі чотирьох найбільш поширених видів дерев: гіркокаштана звичайного (*Aesculus hippocastanum* L.), клена гостролистого (*Acer platanoides* L.), берези повислої (*Betula pendula* Roth.) та липи дрібнолистої (*Tilia cordata* Mill.).

За відсутності та низької інтенсивності руху транспорту дерева клена гостролистого, берези повислої та липи дрібнолистої були переважно здорові ($I_c=1$) (рис. 6.1). Лише дерева гіркокаштана звичайного були дещо ослаблені внаслідок інтенсивного заселення каштановим мінером (*Cameraria ohridella* Deschka & Dimic, 1986) (рис. 6.2).

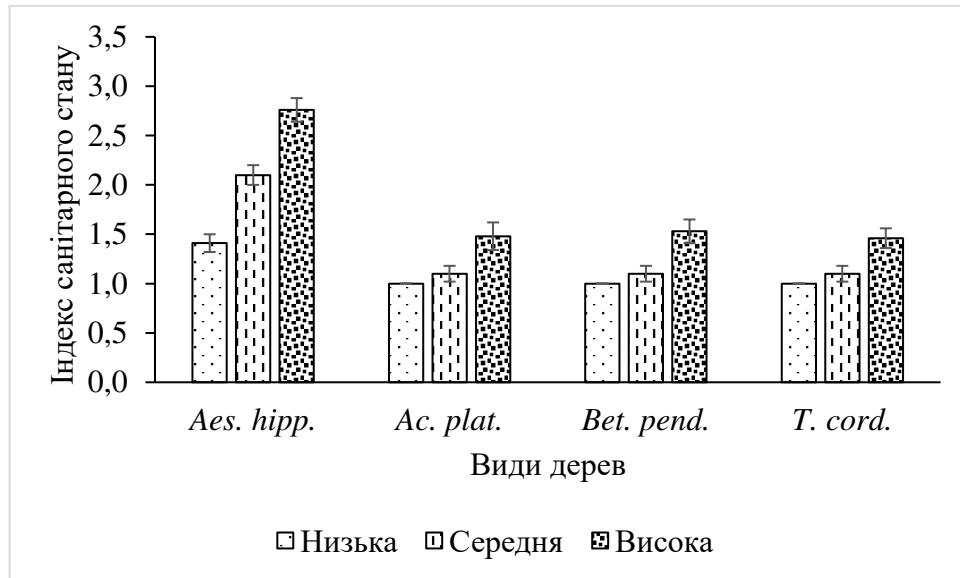


Рис. 6.1. Індекс санітарного стану досліджених видів дерев за різної інтенсивності руху транспорту

Санітарний стан представників цих видів дерев мав тенденцію до погіршення (збільшення індексу санітарного стану) у міру наростання інтенсивності руху транспорту (див. рис. 6.1). При цьому за всіх рівнях інтенсивності руху транспорту санітарний стан дерев гіркокаштана звичайного був найгіршим, а різниці індексу санітарного стану за низької та середньої ($t=5,1$), середньої та високої інтенсивності руху транспорту ($t=4,2$) були значущими ($p<0,001$).

Індекс санітарного стану клена гостролистого, берези повислої та липи серцелистої був незначуще більшим за середньої інтенсивності руху транспорту у порівнянні з ділянками з низькою інтенсивністю руху транспорту ($t=1,3$; $p>0,1$). Водночас на ділянках із високою інтенсивністю руху транспорту індекс санітарного стану дерев усіх видів був значуще більшим ($p<0,05$), ніж на ділянках із середньою інтенсивністю руху транспорту ($t = 2,4$; $3,0$ і $2,8$ стосовно клена гостролистого, берези повислої та липи серцелистої відповідно). Індекс санітарного стану зазначених трьох видів дерев за високої інтенсивності руху транспорту не мав значущих різниць ($t = 0,1-0,4$; $p>0,1$), але був значуще меншим, ніж гіркокаштана ($t = 6,9-8,3$; $p<0,001$).



Рис. 6.2. Дерево гіркокаштана звичайного, заселене каштановим мінером
(2.08.2024 р.)

Приріст пагонів поточного року всіх досліджених видів дерев мав тенденцію до зменшення у міру збільшення інтенсивності руху транспорту (рис. 6.3). Так приріст пагонів берези повислої на ділянках із середньою та високою інтенсивністю руху транспорту був на 21,7 та 33,2 % меншим у порівнянні з ділянками з низькою інтенсивністю руху транспорту. Відповідні

різниці стосовно решти видів дерев становили близько 10 %, а на ділянках інтенсивного руху – близько 20 %.

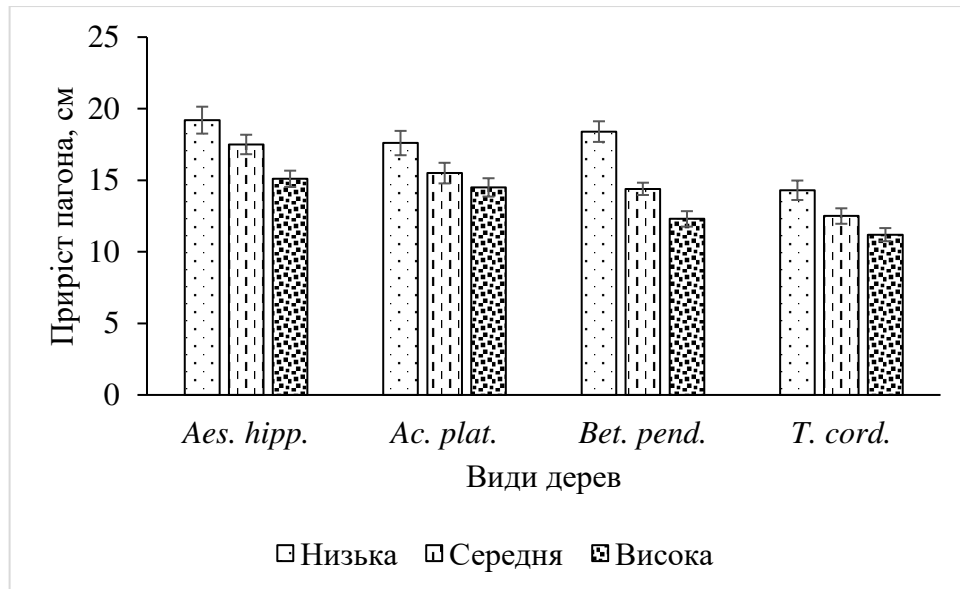


Рис. 6.3. Приріст пагонів досліджених видів дерев за різної інтенсивності руху транспорту

Статистичний аналіз свідчить, що зменшення приросту пагонів у варіантах «середня» та «висока» інтенсивність руху транспорту є значущим для всіх чотирьох видів дерев ($t = 2,9-6,8$; $p < 0,01$).

Зменшення приросту пагонів у варіантах «низька» та «середня» інтенсивність руху транспорту є значущим лише стосовно берези повислої ($t=4,8$; $p < 0,01$) та липи серцелистої ($t=2,1$; $p < 0,05$).

Середня кількість листків на пагоні на ділянках із середньою інтенсивністю руху транспорту була меншою, ніж на ділянках із низькою інтенсивністю руху транспорту, від 12,2 % на гіркокаштані звичайному до 22,5 % на березі повислій. На ділянках із інтенсивним рухом транспорту кількість листків на пагонів поступалася ділянкам із низькою інтенсивністю руху транспорту від 20,7 % на гіркокаштані звичайному до 37,3 % на березі повислій (рис. 6.4).

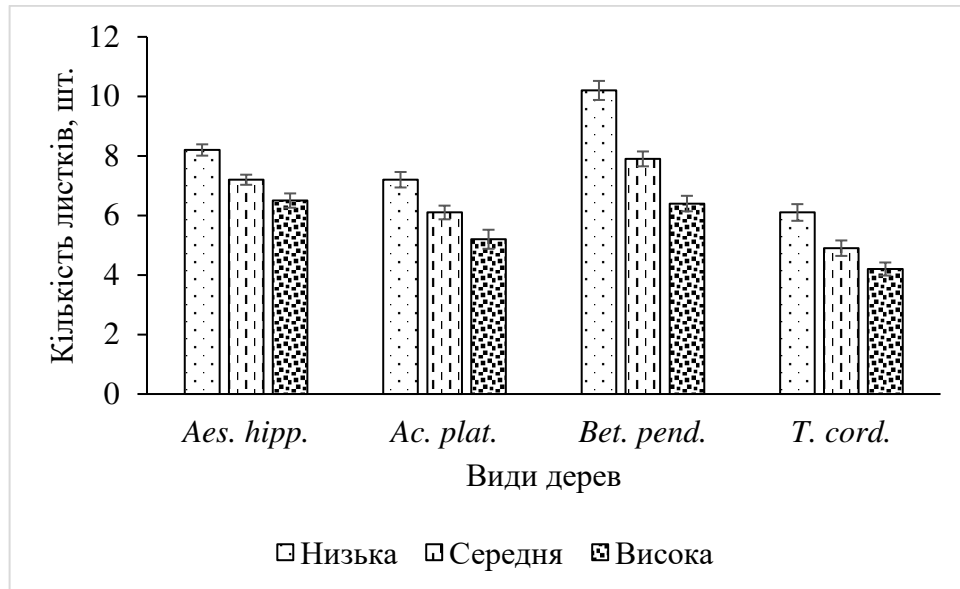


Рис. 6.4. Середня кількість листків на пагоні досліджених видів дерев за різної інтенсивності руху транспорту

Значущість різниць середньої кількості листків на пагоні на ділянках із низькою та середньою інтенсивністю руху транспорту доведено при $p < 0,01$, а різниць із середньою та високою інтенсивністю руху транспорту – при $p < 0,05$ для всіх досліджених видів дерев.

Розрахунки середньої кількості листків на 1 см пагона свідчать, що цей показник за різної інтенсивності руху транспорту є майже незмінним у гіркокаштана звичайного, а в решті видів дерев має тенденції до зменшення у міру збільшення інтенсивності руху транспорту (рис. 6.5).

Так у клена гостролистого різниці значення показника кількості листків на 1 см пагона у варіантах низької та високої інтенсивності руху транспорту становлять 12,3 %, у липи серцелистої – 12,1 %, у берези повислої – 6,1 %.

Водночас у дослідженнях у Дніпрі, за даними наших розрахунків за опублікованими даними [11], кількість листків на 1 см пагона на ділянках інтенсивного руху транспорту мала тенденцію до збільшення у гіркокаштана звичайного та берези повислої на 14,6 і 13,1 %, а стосовно клена гостролистого та липи серцелистої ніяких тенденцій не виявлено.

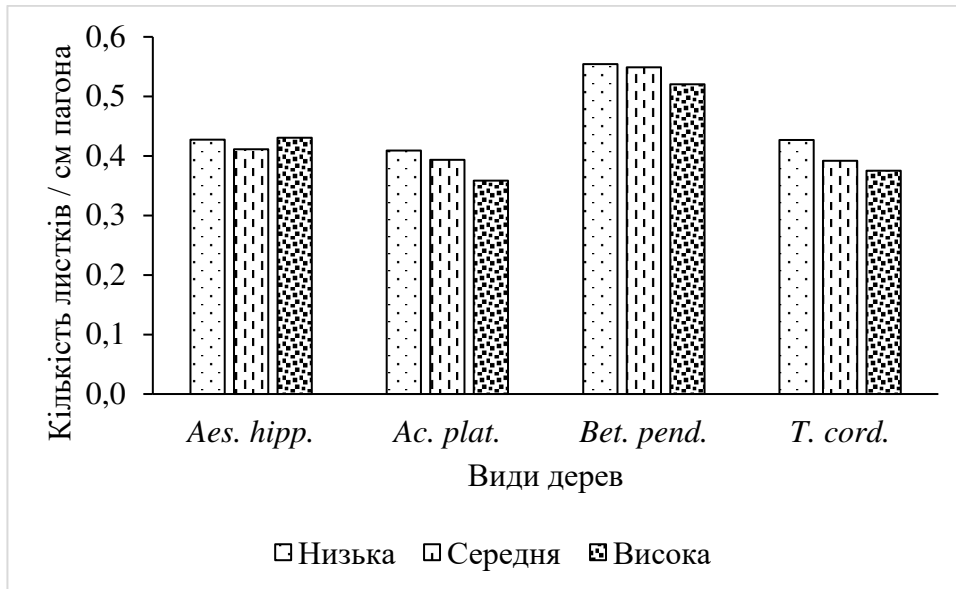


Рис. 6.5. Середня кількість листків на 1 см довжини пагона досліджених видів дерев за різної інтенсивності руху транспорту

Площа листка всіх досліджених видів дерев мала тенденцію до зменшення у міру збільшення інтенсивності руху транспорту (рис. 6.6).

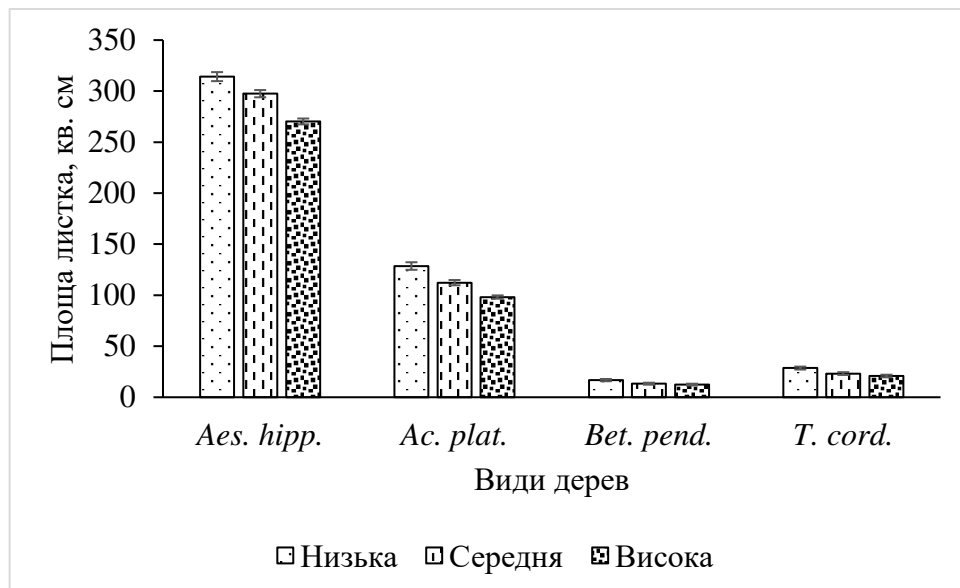


Рис. 6.5. Середня площа листка досліджених видів дерев за різної інтенсивності руху транспорту

Різниця площі листка гіркогоаштана звичайного у варіантах «низька» й «середня» та «низька» й «висока» інтенсивність руху транспорту була найменшою серед проаналізованих видів дерев (на 5,3 та 14,0 % відповідно). Така різниця площі листків клена гостролистого, берези повислої та липи серцелистої у варіантах «низька» й «середня» інтенсивність руху транспорту сягала 12,7; 20,8 і 18,9 %, а у варіантах «низька» й «висока» інтенсивність руху транспорту – 23,6; 26,2 та 27,3 % відповідно.

Зменшення площі листків гіркогоаштана звичайного та клена гостролистого у варіантах «низька» й «середня» та «середня» й «висока» інтенсивність руху транспорту доведено на рівні $p < 0,01$. Стосовно берези повислої та липи серцелистої різниці площі листків у варіантах «середня» й «висока» інтенсивність руху транспорту не є значущими ($p > 0,1$).

Зважаючи на те, що менша площа листків могла бути наслідком не тільки токсичного впливу викидів у повітря, ми виміряли та проаналізували частку площі кожного листка, пошкодженої різними чинниками.

Аналіз свідчить, що дерева різних видів мали відмінності в реакції листя на забруднення повітря викидами транспортних засобів (рис. 6.6).

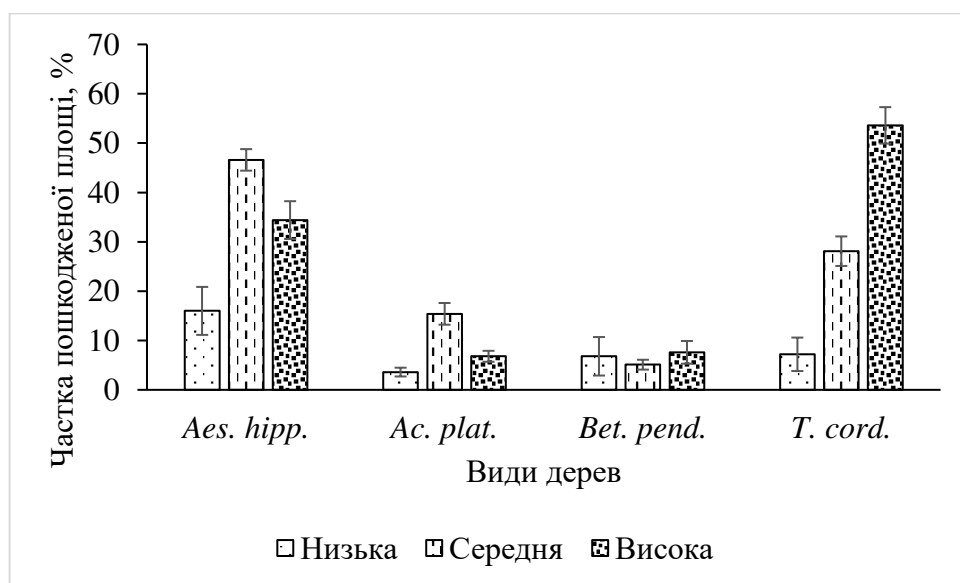


Рис. 6.6. Частка пошкодженої площі листка досліджених видів дерев за різної інтенсивності руху транспорту

Так частка пошкодженої площі листків берези повислої та липи серцелистої мала тенденцію до збільшення на ділянках із більшою інтенсивністю руху транспорту (див. рис. 6.6). Водночас у берези повислої цей показник не був високим, становлячи на ділянках із найвищою інтенсивністю руху транспорту лише $7,6 \pm 2,30$ %. Частка пошкодженої площі листків липи серцелистої на ділянках із середньою інтенсивністю руху транспорту була майже в 4 рази більшою, ніж на ділянках із низькою інтенсивністю руху транспорту, а на ділянках із високою інтенсивністю руху транспорту ще майже вдвічі більшою й сягала 53,6 %.

Частка пошкодженої площі листків гіркокаштана звичайного та клена гостролистого на ділянках із середньою інтенсивністю руху транспорту була більшою у порівнянні з ділянками із низькою інтенсивністю руху транспорту на 30,6 і 11,8 % відповідно. Водночас на ділянках із високою інтенсивністю руху транспорту частка пошкодженої площі була меншою, ніж на ділянках із середньою інтенсивністю руху транспорту, але більшою, ніж на ділянках із низькою інтенсивністю руху транспорту (див. рис. 6.6).

Оскільки листя дерев були пошкоджені не тільки під впливом викидів транспорту, ми окремо проаналізували площу листків, на яких не виявлено жодних ознак пошкоджень, та листків, що мали різну частку пошкодженої площі (1–20 %, 21–40 %, 41–60 % і 61–80 %), тобто різну інтенсивність пошкоджень (рис. 6.7–6.10).

Площа листків гіркокаштана звичайного є найбільшою серед усіх досліджених нами видів дерев (див. рис. 6.7). Залежність площі листка від інтенсивності його пошкодження є дуже висока та значуща ($R^2=0,9598$; $r=0,98$). Різниця середньої площі листків гіркокаштана звичайного з відсутністю пошкоджень і з максимальним пошкодженням становить $13,7 \text{ см}^2$, або на 4,6 %.

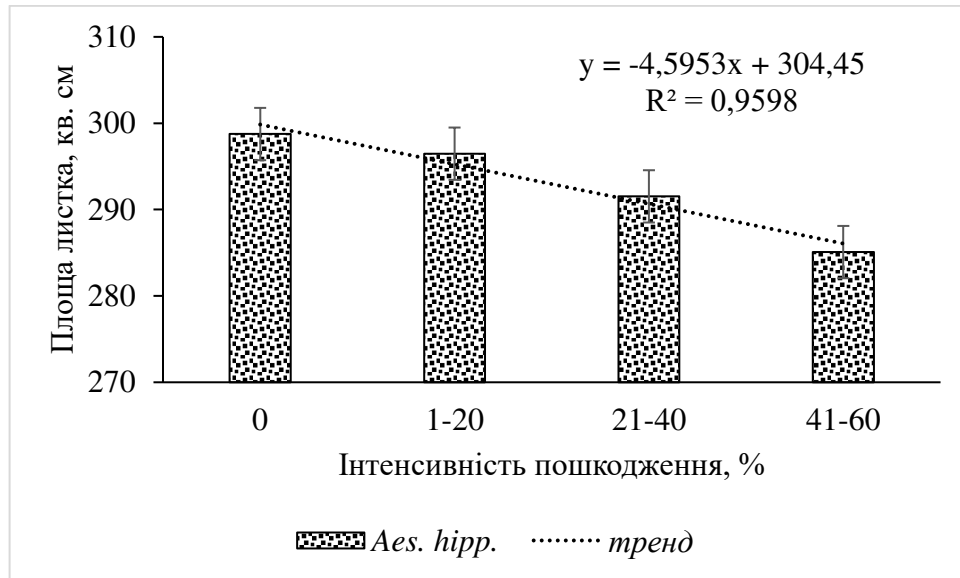


Рис. 6.7. Середня площа листків гіркокаштана звичайного з різною інтенсивністю пошкоджень

Залежність площі листків клена гостролистого від інтенсивності їхнього пошкодження слабкіша ($R^2=0,6134$; $r=0,78$). Різниця середньої площі листків клена гостролистого з відсутністю пошкоджень і з максимальним пошкодженням становить $2,7 \text{ см}^2$, або $2,4 \%$ (рис. 6.8).

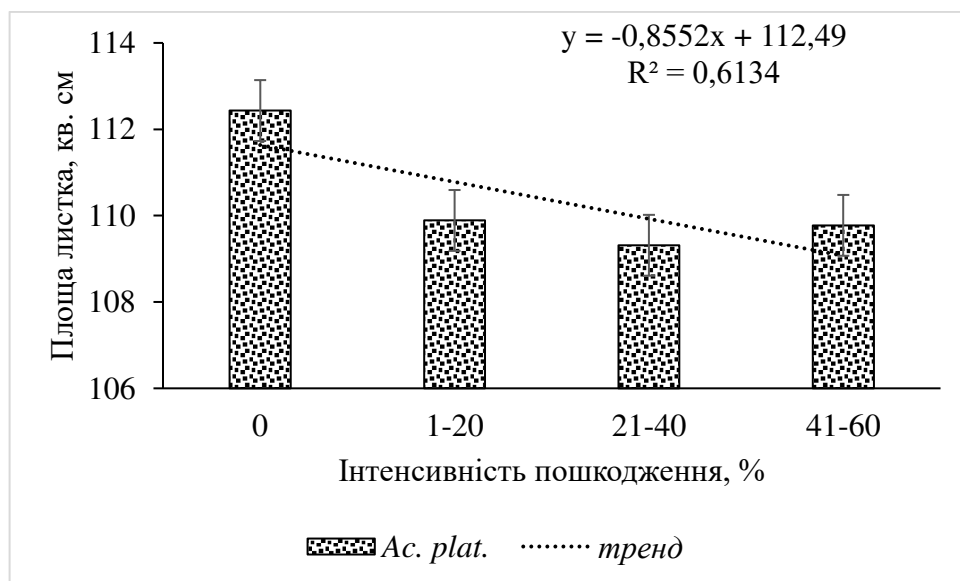


Рис. 6.8. Середня площа листків клена гостролистого з різною інтенсивністю пошкоджень

Залежність площі листків берези повислої від інтенсивності їхнього пошкодження висока ($R^2=0,7679$; $r=0,88$). Різниця середньої площі листків берези повислої з відсутністю пошкоджень і з максимальним пошкодженням становить $2,3 \text{ см}^2$, або $16,7 \%$ (рис. 6.9).

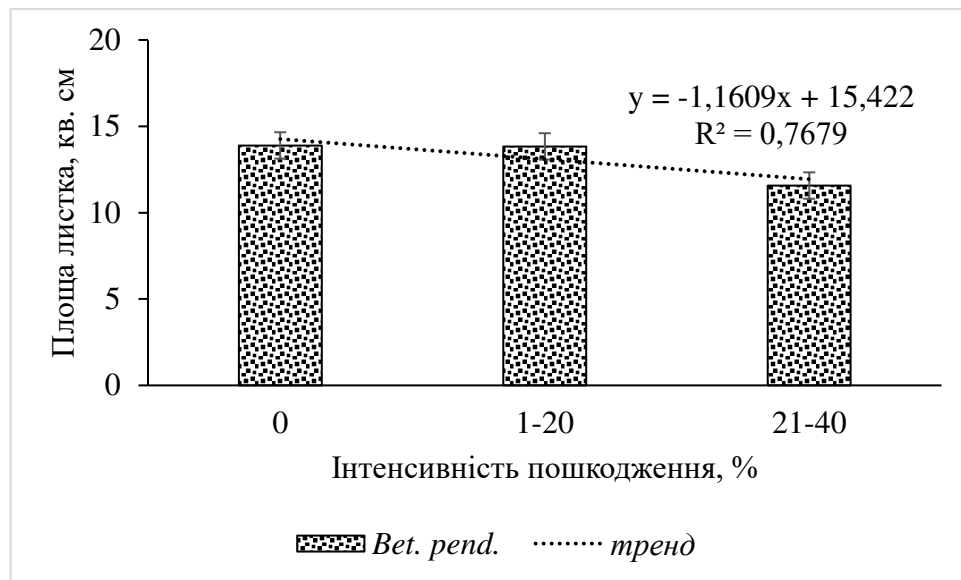


Рис. 6.9. Середня площа листків берези повислої з різною інтенсивністю пошкоджень

Залежність площі листків липи дрібнолистої від інтенсивності їхнього пошкодження є меншою, ніж решти досліджених видів дерев ($R^2=0,3255$; $r=0,57$). Різниця середньої площі листків липи серцелистої з відсутністю пошкоджень і з максимальним пошкодженням становить $3,2 \text{ см}^2$, або $12,9 \%$ (рис. 6.10).

Таким чином, площа листя всіх досліджених порід є меншою у випадку пошкодження. Підкреслимо, що мається на увазі загальна площа, визначена за контуром листка без виключення зон пошкодження, тобто площа, обумовлена процесами росту.

Для з'ясування причин виявлених відмінностей було проаналізовано особливості сезонного росту листків і особливості впливу чинників пошкодження листків зазначених видів дерев.

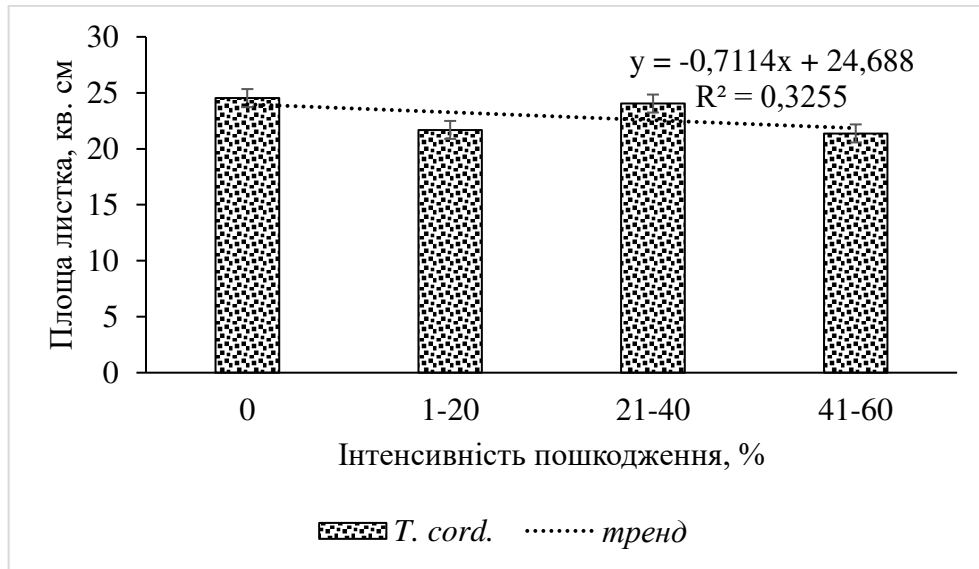


Рис. 6.10. Середня площа листків липи серцелистої з різною інтенсивністю пошкоджень

Ми припустили, що виявлені особливості обумовлені специфічною реакцією чинників пошкодження листя на забруднення повітря.

6.2. Радіальний приріст дерев гіркокаштана звичайного на ділянках із різною інтенсивністю руху транспорту

Аналіз даних стосовно динаміки радіального приросту дерев гіркокаштана звичайного відібраних на вулиці з інтенсивним рухом транспорту не виявив значущих різниць стосовно вибірок дерев, що росли на відстані 3–5 м та 20–25 м від проїжджої частини. Тому відповідні дані були об'єднані та здійснено їхнє порівняння зі зразками, відібраними в дендропарку м. Полтава з відсутністю впливу руху транспорту.

Під час подальшого аналізу розглядали два періоди – 1993–2007 рр. та 2008–2023 рр. У виділенні цих періодів важливим підґрунтям були відомості щодо проникнення в зелені насадження Полтави каштанового мінера не пізніше 2007 року

Порівняння метеорологічних показників за гідрологічні роки двох періодів (1993–2007 і 2008–2023 рр.) свідчить, що у другому періоді температура з квітня до березня була більшою на 3–10 % (рис. 6.11, 6.12).

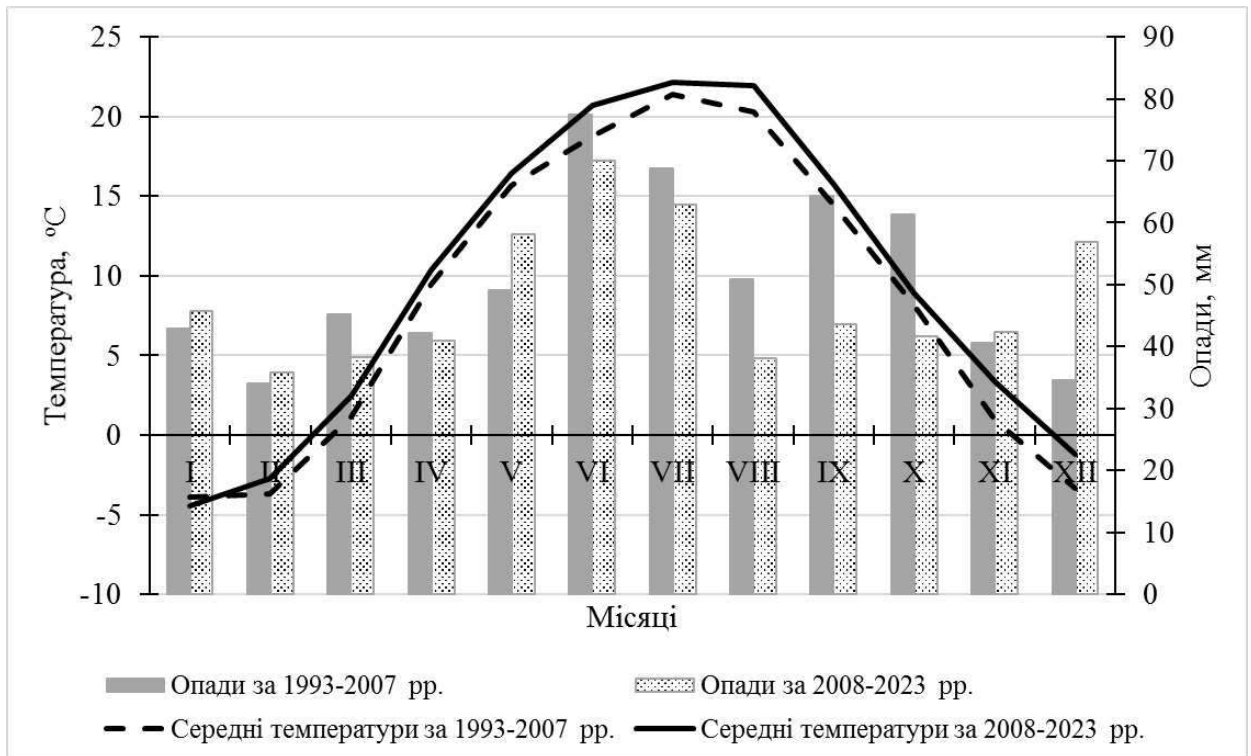


Рис. 6.11. Кліматограма за даними метеостанції Полтава

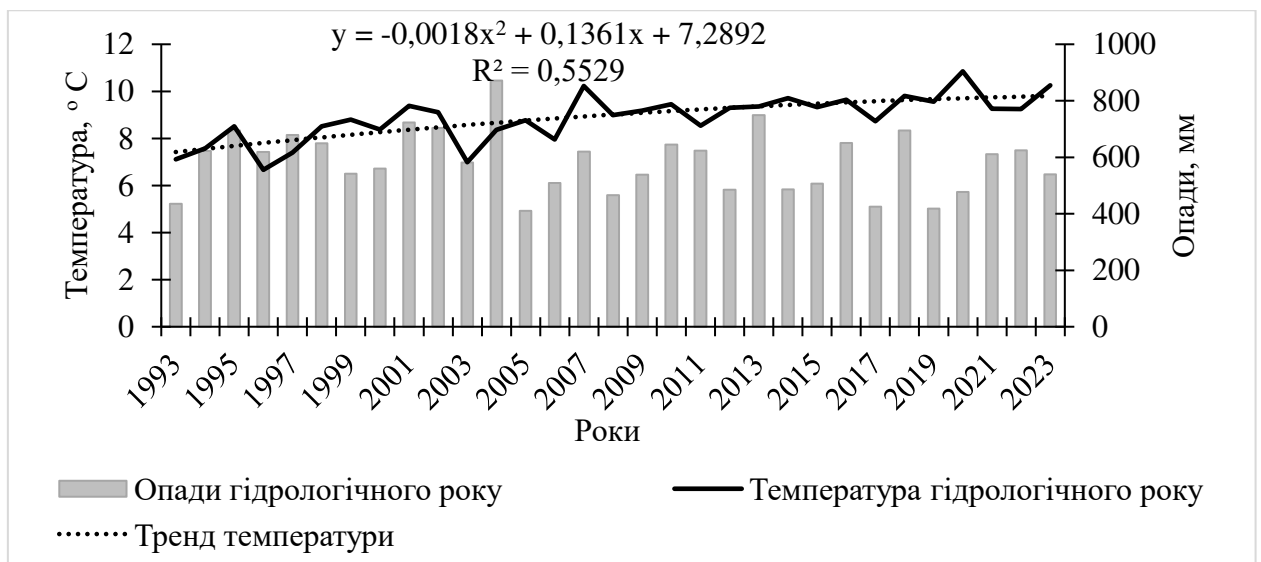


Рис. 6.12. Динаміка температур та опадів гідрологічного року за даними метеостанції Полтава

Найбільше підвищення температури у другому періоді у порівнянні з першим є характерним для холодного періоду (з листопада попереднього року

до лютого поточного року) та березня, коли зафіксовано підвищення температури у три-чотири рази). Винятком є січень, який характеризується зниженням температур на 13 % у другому періоді. У другому періоді кількість опадів зменшилася упродовж березня-жовтня (винятком є травень) від 3 % у квітні до 33–48 % у серпні-жовтні. Водночас кількість опадів упродовж холодного періоду (з листопада попереднього року до лютого поточного року) збільшилася на 4–39 %.

У першому періоді середня річна температура становила $8,26 \pm 0,24$ °С, а у другому – $9,45 \pm 0,14$ °С, тобто підвищилася на 1,19 °С, або на 13 % (див. рис. 6.12). Водночас радіальний приріст дерев у насадженнях біля проїжджої частини зменшився за цей час на 40 %, а на контролі – на 25 % (рис. 6.13).

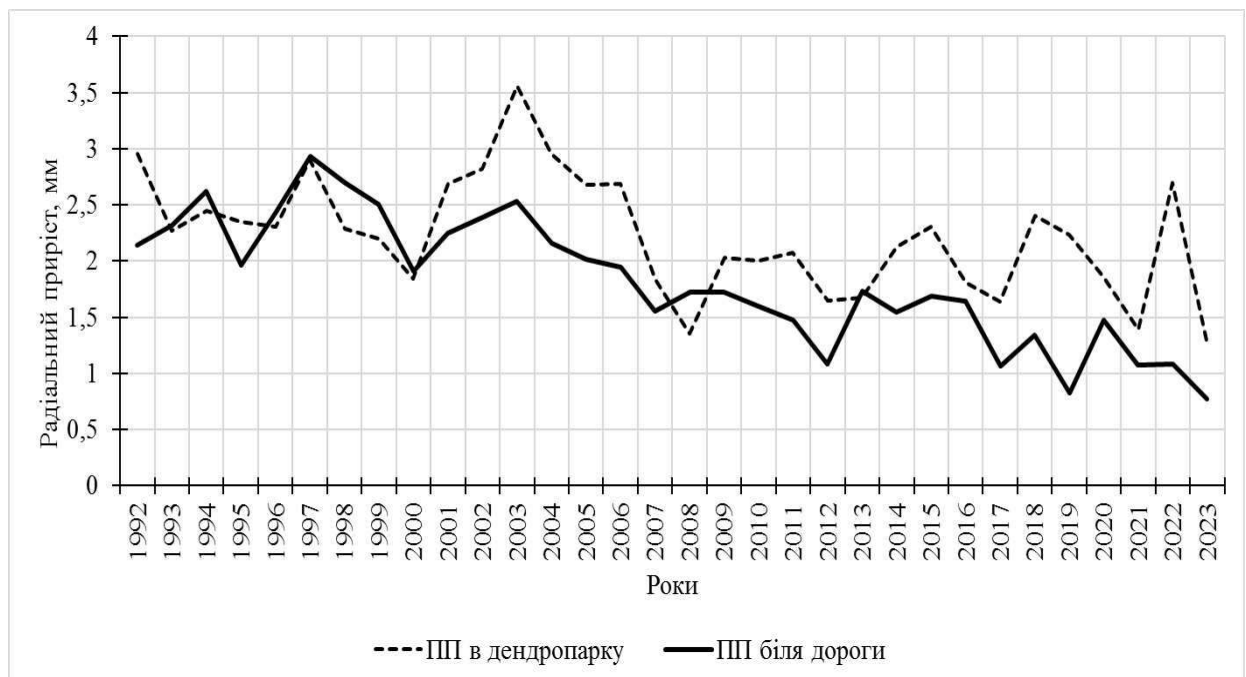


Рис. 6.13. Динаміка радіального приросту гіркокаштана звичайного у двох зелених насадженнях м. Полтава

Радіальний приріст дерев на контролі у 2013–2023 рр. коливався, але тренду його подальшого зменшення не виявлено. Водночас цей показник у насадженнях на вул. Європейській продовжує зменшуватися (див. рис. 6.13).

Радіальний приріст дерев гіркокаштана звичайного був значно меншим у вуличному насадженні, що може бути наслідком дії підвищеної загазованості повітря. В дендропарку умови для росту дерев були значно кращими. За період 1992–2007 рр. різниця середніх значень річного радіального приросту у насадженні в дендропарку ті біля дороги не була статистично значущою, тоді як у 2008–2023 рр. наявність різниці є значущою ($t_{\text{факт.}}=4,13$, $t_{0,01}=3,05$).

Мінімальні значення радіального приросту дерев гіркокаштана звичайного в обох насадженнях відмічені у 2000, 2012 та 2017 рр. (див. рис. 6.13). Радіальний приріст дерев у 2000 році обмежував дефіцит вологи (за нормі 282 мм у квітні–серпні випало лише 222 мм опадів, тобто на 21 % менше від норми). Другим чинником була аномально тепла зима 2000 року, коли температура становила $-2,7^{\circ}\text{C}$ при нормі $-3,7^{\circ}\text{C}$, тобто перевищувала норму на 27 %). Мінімальний приріст дерев у 2012 році обумовлений високими температурами за квітень–серпень (20°C за норми 17°C , тобто різниця сягає 15 %), дефіцитом опадів за гідрологічний рік (485 мм за норми 574 мм, тобто різниця також сягає 15 %). До того ж зима була холоднішою, ніж зазвичай (температура повітря становила $-4,5^{\circ}\text{C}$ за норми $-3,7^{\circ}\text{C}$, тобто різниця сягає 16 %). Мінімальний приріст дерев гіркокаштана звичайного у 2017 році обумовлений дефіцитом опадів упродовж вегетаційного періоду. Так норма опадів за квітень–серпень сягає 282 мм, а випало у 2017 році 123 мм, тобто на 56 % менше від норми). До того ж у 2017 році температура березня ($5,3^{\circ}$) майже у чотири рази перевищила норму ($1,3^{\circ}\text{C}$).

Максимальний радіальний приріст дерев гіркокаштана звичайного в обох насадженнях визначено у 1997, 2003 та 2018 рр. У ці роки температура була на 11–16 % меншою від норми впродовж гідрологічного року, а кількість опадів перевищувала норму на 16–21 %.

Коефіцієнти варіації радіального приросту дерев гіркокаштана звичайного для обох насаджень і для обох періодів є меншими 33 %, що

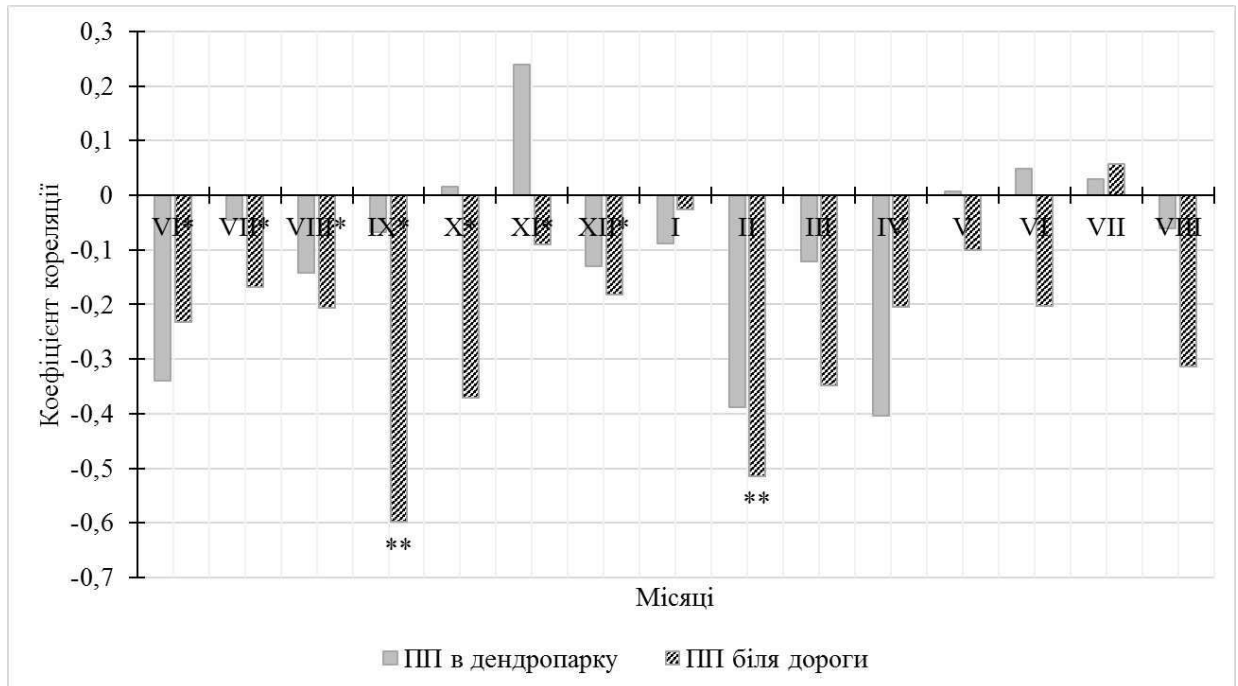
свідчить про однорідність і надійність вибірок. Водночас у другому періоді коефіцієнт варіації збільшується, що свідчить про певне зменшення однорідності у вибірках і підвищення чутливості у деревно-кільцевих хронологіях гіркокаштана звичайного (табл. 6.1).

Таблиця 6.1

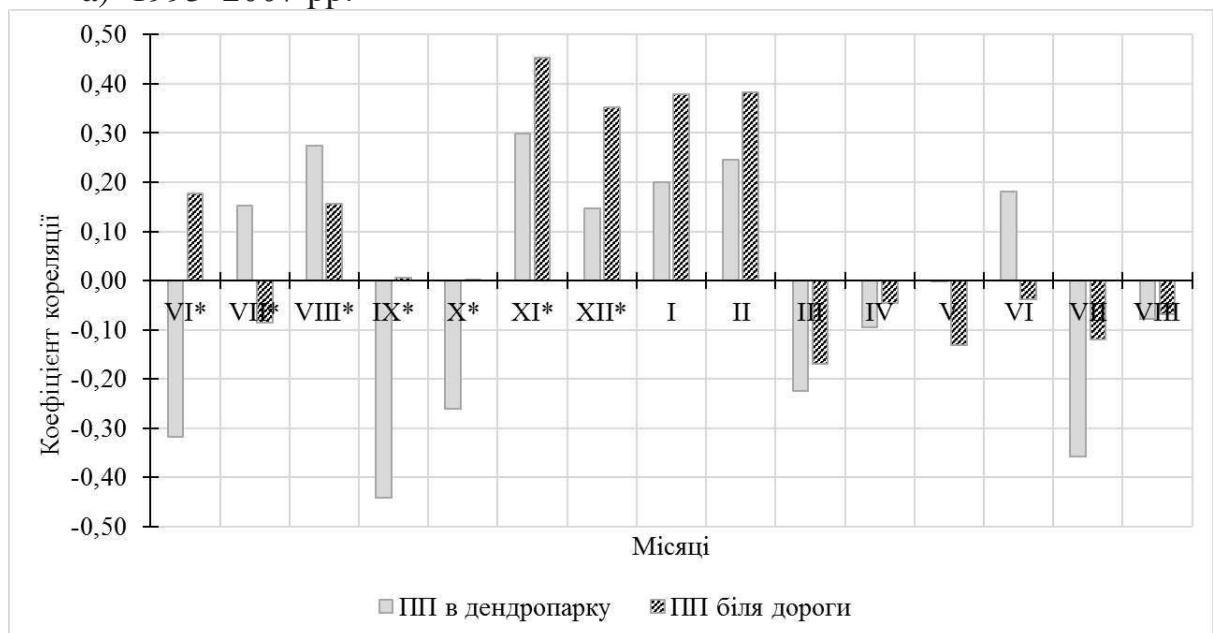
**Описова статистика радіального приросту річної деревини
гіркокаштана звичайного в зелених насадженнях м. Полтава**

Показники	1992–2007 рр.	2008–2023 рр.
<i>біля дороги</i>		
Середнє, мм	2,27±0,09	1,36±0,08
Стандартне відхилення	0,35	0,33
Дисперсія	0,12	0,11
Мінімум, мм	1,56	0,77
Максимум, мм	2,93	1,73
Коефіцієнт варіації	15	24
<i>в дендропарку</i>		
Середнє, мм	2,55±0,11	1,91±0,10
Стандартне відхилення	0,45	0,40
Дисперсія	0,20	0,16
Мінімум, мм	1,83	1,25
Максимум, мм	3,56	2,69
Коефіцієнт варіації	18	21

Кореляційний аналіз свідчить, що у 1993–2007 рр. загалом переважав від’ємний вплив температур на радіальний приріст дерев гіркокаштана звичайного. Цей вплив був значущим у вересні попереднього року та лютому поточного року. У 2008–2023 рр. змінилася реакція радіального приросту каштана звичайного на температури холодного періоду – з листопада попереднього року до лютого поточного року. Підвищення зимових температур позитивно вплинуло на радіальний приріст каштана звичайного. Найбільш високі коефіцієнти кореляції визначено для насаджень біля дороги (рис.6.14).



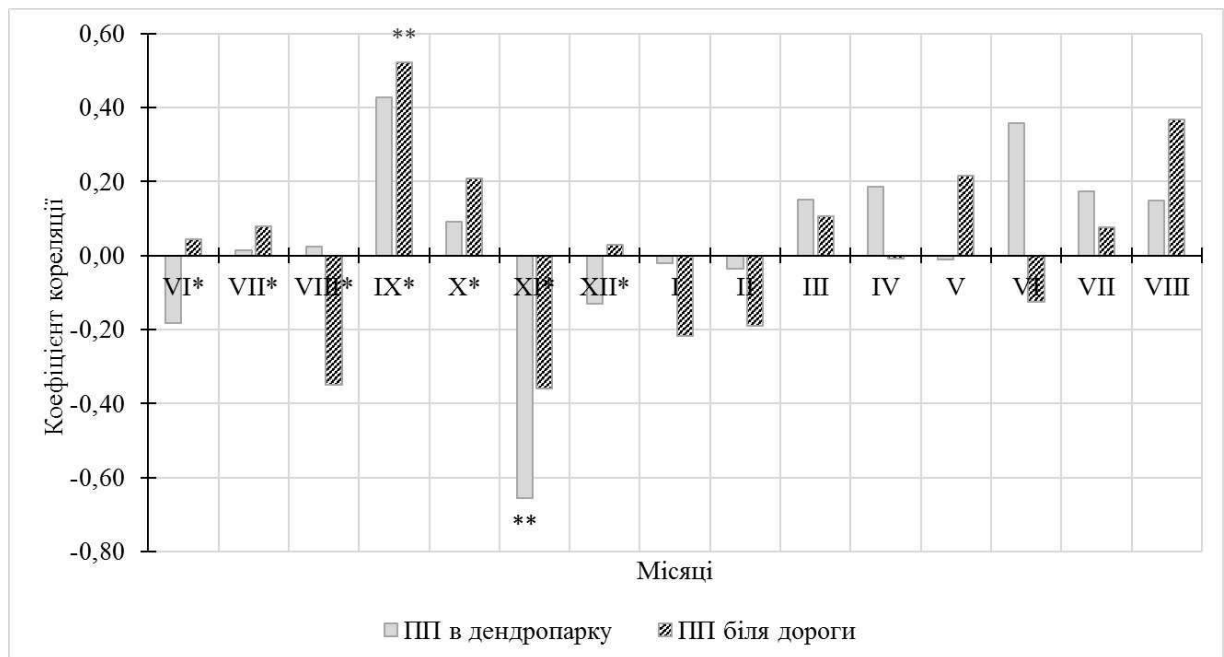
а) 1993–2007 рр.



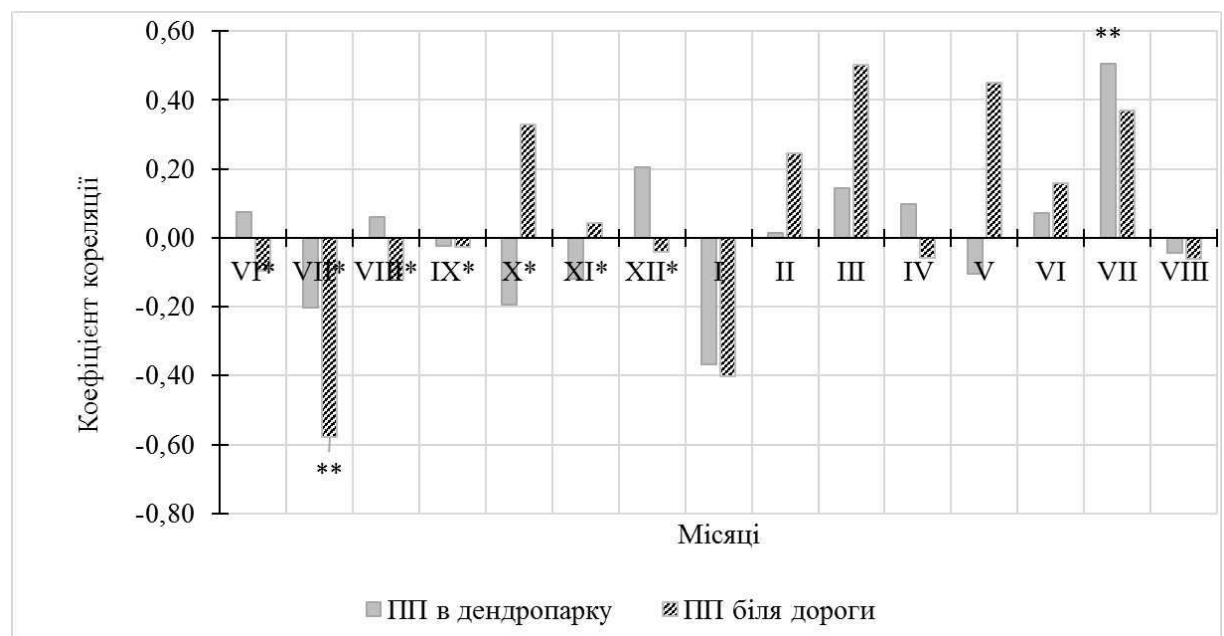
б) 2008–2022 рр.

Рис. 6.14. Кореляційний аналіз між індексними деревно-кільцевими хронологіями та температурами

Кореляційний аналіз між деревно-кільцевими хронологіями та опадами виявив, що у другому періоді збільшилася залежність радіального приросту дерев гіркокаштана звичайного від опадів упродовж березня–липня (рис. 6.15).



а) 1993–2007 рр.



б) 2008–2022 рр.

Рис. 6.15. Кореляційний аналіз між індексними деревно-кільцевими хронологіями та кількістю опадів

У першому періоді опади попереднього року (червень–вересень) переважно позитивно впливали на приріст, ніж у другому періоді. Також встановлено значущий позитивний вплив вересневих опадів попереднього

року, а у другому періоді – негативний вплив липневих опадів попереднього року на радіальний приріст дерев. Упродовж першої половини холодного періоду (листопад–грудень попереднього року) та упродовж січня поточного року вплив опадів пом’якшився. Встановлено негативний значущий вплив опадів листопада попереднього року на приріст (див. рис. 6.15).

Найвищі коефіцієнти кореляції отримано між радіальним приростом гіркокаштана звичайного та кількістю опадів і мінімальних температур за гідрологічний рік, зимовими температурами й індексом аридності лісів (FAI) (табл. 6.2).

Таблиця 6.2

Кореляційні коефіцієнти між індексними деревно-кільцевою хронологією гіркокаштана звичайного та кліматичними чинниками

Показники	Насадження біля дороги	Дендро-парк
<i>1993–2007 pp.</i>		
Середні зимові температури (з грудня попереднього року по лютий поточного року), °C	-0,31	-0,37
Сума опадів за гідрологічний рік, мм	-0,40	-0,17
Сума опадів за квітень–серпень, мм	-0,38	-0,16
Індекс аридності лісів (FAI)	-0,13	-0,34
<i>2008–2022 pp.</i>		
Середні зимові температури (з грудня попереднього року по лютий поточного року), °C	0,57*	0,31
Мінімальні температури за гідрологічний рік, °C	-0,56*	-0,40
Опади за гідрологічний рік, мм	0,59*	0,20
Індекс аридності лісів (FAI)	0,54*	-0,04

Примітка: * – напівжирним шрифтом відмічені значущі показники ($P < 0,05$).

У першому періоді (1993–2007 pp.) не виявлено значущих зв’язків між індексними деревно-кільцевими хронологіями та зазначеними кліматичними чинниками, а у другому періоді (2008–2022 pp.) на радіальний приріст дерев у насадженнях біля дороги відмічено значущий позитивний вплив опадів за

гідрологічний рік і зимових температур, а також негативний вплив мінімальних температур за гідрологічний рік. Між індексами радіального приросту та індексом аридності лісів встановлено середній додатний кореляційний зв'язок (див. табл. 6.2).

Одержані дані свідчать, що дерева, які ростуть біля проїжджої частини вулиці, є більш уразливими як до дії кліматичних чинників, так і до пошкодження каштановим мінером.

Дослідження динаміки радіального приросту дерев гіркокаштана звичайного раніше було проведено в зелених насадженнях м. Харкова, де появу каштанового мінера зафіксовано у 2007 році [53]. Порівнювали радіальний приріст дерев гіркокаштана звичайного за два періоди – до і після початку інвазії цього шкідника в насадженнях із наявністю та відсутністю заподіяних ним пошкоджень листя. Було встановлено, що у пошкодженому каштановим мінером насадженні радіальний приріст у 2007–2011 рр. (після інвазії) був на 36 % меншим, ніж у 2002–2006 рр. (до початку спалаху шкідника). Відновлення радіального приросту пошкоджених дерев гіркокаштана не відбулося, оскільки шкідник спричиняв щорічно дефоліацію дерев від 30 до 80 %. Депресію приросту пошкоджених дерев поглибили посухи, низькі зимові та ранньовесняні температури, а також повторне цвітіння дерев восени [53].

Висновки до розділу

1. Санітарний стан дерев гіркокаштана звичайного, клена гостролистого, берези повислої та липи дрібнолистої мав тенденцію до погіршення у міру наростання інтенсивності руху транспорту. За всіх рівнів інтенсивності руху транспорту санітарний стан дерев гіркокаштана звичайного був найгіршим.

2. Приріст пагонів поточного року досліджених видів дерев мав тенденцію до зменшення у міру збільшення інтенсивності руху транспорту.

Приріст пагонів берези повислої на ділянках із середньою та високою інтенсивністю руху транспорту був на 21,7 та 33,2 % меншим у порівнянні з ділянками з низькою інтенсивністю руху транспорту. Відповідні різниці стосовно решти видів дерев становили близько 10 %, а на ділянках інтенсивного руху транспорту – близько 20 %.

3. Середня кількість листків на пагоні на ділянках із середньою інтенсивністю руху транспорту була меншою, ніж на ділянках із низькою інтенсивністю руху транспорту, від 12,2 % на гіркокаштані звичайному до 22,5 % на березі повислій. Різниці показника на ділянках із високою та низькою інтенсивністю руху транспорту становили від 20,7 % на гіркокаштані звичайному до 37,3 % на березі повислій.

4. Середня кількість листків на 1 см пагона гіркокаштана звичайного за різної інтенсивності руху транспорту є майже незмінною, а в решті видів дерев виявлено тенденції до зменшення у міру збільшення інтенсивності руху транспорту.

5. Площа листка всіх досліджених видів дерев мала тенденцію до зменшення у міру збільшення інтенсивності руху транспорту.

6. Частка пошкодженої площі листків берези повислої та липи серцелистої мала тенденцію до збільшення на ділянках із більшою інтенсивністю руху транспорту і становила на ділянках із високою інтенсивністю руху транспорту 7,6 та 53,6 % відповідно. Частка пошкодженої площі листків гіркокаштана звичайного та клена гостролистого на ділянках із середньою інтенсивністю руху транспорту була більшою у порівнянні з ділянками із низькою інтенсивністю руху транспорту на 30,6 і 11,8 % відповідно. На ділянках із високою інтенсивністю руху транспорту частка пошкодженої площі була меншою, ніж на ділянках із середньою інтенсивністю руху транспорту, що пов'язано з негативним впливом забруднювачів повітря на біотичні чинники пошкодження листя.

7. Площа листків усіх досліджених порід, визначена за контуром листка без виключення зон пошкодження, була меншою у разі збільшення інтенсивності пошкодження. Коефіцієнт кореляції стосовно гіркокаштана звичайного, берези повислої, клена гостролистого, липи серцелистої становив 0,98; 0,88; 0,78 та 0,57.

8. Середній річний радіальний приріст гіркокаштана звичайного у дендропарку був більшим, ніж біля дороги з інтенсивним рухом транспорту, як у 1992–2007 рр. – до початку інвазії каштанового мінера ($2,55 \pm 0,11$ та $2,27 \pm 0,09$ мм відповідно), так і у 2008–2023 рр. – після інвазії ($1,91 \pm 0,10$ та $1,36 \pm 0,08$ мм відповідно). У другому періоді радіальний приріст гіркокаштана звичайного біля дороги зменшився на 40 %, а в дендропарку – на 25 %.

9. Мінімальні значення радіального приросту в обох насадженнях визначені у 2000, 2012 та 2017 рр., а максимальні – у 1997, 2003 та 2018 рр., що обумовлено спільним впливом кліматичних чинників на всі насадження.

10. Під додатковим впливом викидів транспорту у насадженнях біля дороги виявлено тренд стійкого зниження приросту гіркокаштана звичайного, а у дендропарку коливання приросту за роками відбувалися відповідно до погодних умов, що підтверджено значущими коефіцієнтами кореляції.

11. У насадженнях біля дороги (на тлі впливу викидів транспорту та пошкодження каштановим мінером) за період 2008–2022 рр. значущі додатні коефіцієнти кореляції середньої сили отримано між індексами радіального приросту гіркокаштана звичайного та кліматичними чинниками: кількістю опадів за гідрологічний рік, середніми зимовими температурами, індексом аридності лісів (FAI), а від’ємний коефіцієнт кореляції – з мінімальними температурами за гідрологічний рік.

12. Морфологічні показники пагонів і листків липи серцелистої, гіркокаштана звичайного, клена гостролистого та берези повислої можуть бути застосовані для оцінювання рівня техногенного навантаження в

населених пунктах. Водночас необхідно брати до уваги інші чинники впливу на ріст і стан цих дерев, вплив яких інтегрує радіальний приріст.

Основні публікації дисертанта за матеріалами розділу:

Орловський О.В., Коваль І.М. Дендроіндикація гіркокаштана звичайного в зелених насадженнях м. Полтава. Лісовирощування: історична та інноваційна діяльність у галузі лісового господарства [електронне видання] :збірник матеріалів II Всеукраїнської науково-практичної конференції до 205-річчя з дня народження В. Є. фон Граффа, м. Овруч-Малин, 08 листопада 2024 року. Малин : Малинський фаховий коледж. Видавництво : МФК, 2024. С.122–124. [84].

Орловський О.В. Дерев'янка Т.В., Реакція дерев на забруднення повітря викидами транспорту у м. Полтава. Рослини та урбанізація: Матеріали XIV Міжнародної науково-практичної конференції (Дніпро, 3 лютого 2025 р.). Дніпро, 2025. С. 131–134. [82].

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

У дисертації наведено теоретичні узагальнення та аналіз даних стосовно видового складу дерев в урбоценозах м. Полтава та особливостей реакції показників стану та росту дерев на дію антропогенних чинників.

1. Порівняння показників клімату за 1993–2022 рр. та за роки досліджень (2021–2024 рр.) свідчить про тренд збільшення температури повітря, більш раннього початку та збільшення тривалості вегетаційного періоду. Кількість опадів і гідротермічний коефіцієнт у 2024 р. поступалися багаторічним даним, що негативно впливає на стійкості дерев до природних і антропогенних чинників.

2. В обстежених насадженнях м. Полтави визначено 30 видів дендрофлори з 21 роду 15 родин. Найбільшою мірою представлені *Acer platanoides*, *Aesculus hippocastanum*, *Tilia cordata* та *Populus nigra*.

3. У міру підвищення антропогенного навантаження індекси видового багатства (D_{Mn}), вирівняності (E_H) та різноманітності (H) у вуличних насадженнях збільшувалися, а індекс домінування (D_{BP}) зменшувався. Різниця видового складу дендрофлори вуличних і паркових насаджень збільшувалися у міру підвищення інтенсивності антропогенного навантаження.

4. У Прирічковому парку серед 12 видів листяних дерев світлолюбні робінія звичайна та береза повисла ростуть у зоні з високим рекреаційним навантаженням, в якій показник аерації ґрунту внаслідок ущільнення має найменше значення. Підтверджено доцільність врахування екологічних амплітуд чинників під час вибору видів дерев для розширення їхнього асортименту.

5. Індекс санітарного стану всіх видів дерев збільшувався у міру наростання інтенсивності руху транспорту. Найкращим був стан дуба звичайного та робінії звичайної, а найгіршим – гіркокаштана звичайного.

6. На ділянках із високою інтенсивністю руху транспорту поширеність листків липи серцелистої з наявністю пошкоджень сягала 100 %, гіркокаштана

звичайного та клена гостролистого – 87,8 і 86,4%, а берези повислої – лише 48,2 %. На листі дерев виявлено опіки, міни, погризи, уколи, гали та плями. Листя гіркокаштана звичайного переважно пошкоджував каштановий мінер *Cameraria ohridella*, клена гостролистого – гриб *Rhytisma acerinum*,

7. На всіх видах дерев виявлено опіки листя за середньої інтенсивності руху транспорту та збільшення їхнього поширення за високої інтенсивності руху транспорту. Поширення листків із опіками було найбільшим на липі серцелистій (10,2±3,03 % і 42,2±4,94 % на ділянках із середньою та високою інтенсивністю руху транспорту відповідно) та на клені гостролистому (12,5±3,31 % і 36,3±4,81 % відповідно).

8. Стан дерев липи серцелистої та гіркокаштана звичайного, які піддані лише впливу викидів транспорту, є дещо кращим, ніж дерев із обмеженням росту коріння, а стан дерев робінії звичайної, липи серцелистої та гіркокаштана звичайного, що ростуть під впливом лише викидів транспорту, є дещо кращим, ніж дерев із механічним впливом на крону.

9. У міру підвищення інтенсивності руху транспорту визначено зменшення приросту пагонів поточного року, середньої кількості листків на пагоні та їхньої площі, а також збільшення частки пошкодженої площі листків. Найбільшою мірою зменшувався приріст пагонів берези повислої, який на ділянках із середньою та високою інтенсивністю руху транспорту був на 21,7 та 33,2 % меншим, ніж на ділянках із низькою інтенсивністю руху транспорту. Різниця середньої кількості листків на пагоні на ділянках із середньою та низькою інтенсивністю руху транспорту становили від 12,2 % на гіркокаштані звичайному до 22,5 % на березі повислій, а на ділянках із високою та низькою інтенсивністю руху транспорту – від 20,7 % на гіркокаштані звичайному до 37,3 % на березі повислій.

10. Частка пошкодженої площі листків гіркокаштана звичайного та клена гостролистого на ділянках із середньою інтенсивністю руху транспорту була більшою, ніж на ділянках із низькою інтенсивністю руху транспорту, на

30,6 і 11,8 % відповідно. Водночас на ділянках із високою інтенсивністю руху транспорту цей показник був меншим, ніж на ділянках із середньою інтенсивністю руху транспорту, що пов'язано з негативним впливом забруднювачів повітря на біотичні чинники пошкодження листя.

11. Середній річний радіальний приріст гіркокаштана звичайного у дендропарку був більшим, ніж біля дороги з інтенсивним рухом транспорту, як у 1992–2007 рр. – до початку інвазії каштанового мінера ($2,55 \pm 0,11$ та $2,27 \pm 0,09$ мм відповідно), так і у 2008–2023 рр. – після інвазії ($1,91 \pm 0,10$ та $1,36 \pm 0,08$ мм відповідно). У другому періоді радіальний приріст гіркокаштана звичайного біля дороги зменшився на 40 %, а в дендропарку – на 25 %.

12. Мінімальні значення радіального приросту в обох насадженнях визначені у 2000, 2012 та 2017 рр., а максимальні – у 1997, 2003 та 2018 рр., що обумовлено спільним впливом кліматичних чинників на всі насадження.

13. Під додатковим впливом викидів транспорту у насадженнях біля дороги виявлено тренд стійкого зниження приросту гіркокаштана звичайного, а у дендропарку коливання приросту за роками відбувалися відповідно до погодних умов, що підтверджено значущими коефіцієнтами кореляції.

14. У насадженнях біля дороги за період 2008–2022 рр. значущі додатні коефіцієнти кореляції отримано між індексами радіального приросту гіркокаштана звичайного та кількістю опадів за гідрологічний рік, середніми зимовими температурами й індексом аридності лісів (FAI), а від'ємний коефіцієнт кореляції – з мінімальними температурами за гідрологічний рік.

15. Морфометричні показники пагонів і листків липи серцелистої, гіркокаштана звичайного, клена гостролистого та берези повислої можуть бути застосовані для оцінювання рівня техногенного навантаження в населених пунктах. Водночас необхідно брати до уваги інші чинники впливу на ріст і стан цих дерев, вплив яких інтегрує радіальний приріст.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Андреева О. Ю., Гойчук А. Ф., Кульбанська І. М., Швець М. В., Вишневський А. В. Адвентивні комахи-мінери в зелених насадженнях м. Житомира. Лісівництво і агролісомеліорація. 2022. Вип. 140. С.57–63.
2. Атраментова Л. О., Утевська О. М. Статистичні методи в біології. Харків: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2007. 288 с.
3. Бабій В. Ф., Худова В. М., Кондратенко О. Є., Пономаренко А. М. Вплив транспортних чинників на екологічний стан великих міст. Гігієна населених місць: зб. наук. праць. 2011. Вип. 58. С. 57–60.
4. Байрак О. М., Самородов В. М., Панасенко Т. В. Парки Полтавщини: історія створення, сучасний стан дендрофлори, шляхи збереження і розвитку. Полтава: Верстка, 2007. 276 с.
5. Бессонова В. П. Фітоіндикація та фітомоніторинг. Навч. посібник. Дніпровський державний аграрно-економічний університет. Дніпро: Герда 2024. 206 с.
6. Бессонова В. П., Журбенко Є. І. Різноманіття дендрофлори у насадженнях вул. Маршала Р. Малиновського. Рослини та урбанізація: Матеріали десятої Міжнародної науково-практичної конференції «Рослини та урбанізація». (Дніпро, 3 березня 2021 р.). Дніпро, 2021. С. 10.
7. Бессонова В. П., Іванченко О. Є. Видове різноманіття та життєвий стан деревних рослин у насадженнях проспекту Івана Мазепи м. Дніпро. Питання біоіндикації та екології. 2019. Вип. 24, № 2. С. 101–125.
8. Бессонова В. П., Іванченко О. Є. Оцінка видового різноманіття та життєвого стану придорожніх насаджень пр. С. Нігояна м. Дніпро. Питання біоіндикації та екології. 2019. Вип. 24, № 1. С. 36–56.
9. Бессонова В. П., Іванченко О. Є., Скляренко А. В. Видове багатство деревних насаджень та їх життєвий стан в Обухівському парку

Дніпропетровської області. Наук. вісник НЛТУ України. 2024. Вип. 34. №2. С.17–25.

10. Бессонова В. П., Пономарьова О. А., Іванченко О. Є.. Видове різноманіття та життєвий стан деревних насаджень вздовж автотраси південного напрямку міста Дніпропетровськ. Питання біоіндикації та екології. 2014. Вип. 19, № 2. С. 64–84.

11. Бессонова В. П., Чонгова А. С. Морфометричні показники деревних рослин в індикації забруднення довкілля. Екологічні науки: науково-практичний журнал. 2023. Вип. 1(46). С. 102–108.

12. Бессонова В. П., Юсипіва Т. І. Вплив важких металів на стан пігментів у хлоропластах деревних рослин. Вісник запорізького державного університету. Запоріжжя: ЗНУ, 1998. № 1. С. 109–111.

13. Билим Л. Р., Семеренко Н. М., Смоляр Н. О. Прирічковий парк у Полтаві як важлива у рекреаційному відношенні зелена зона міста. Матеріали V міжнар. наук.-практ. конф. Харківський національний автомобільно-дорожній університет, 2019. Харків, 2019. С. 36–39.

14. Бондарук М. А., Целіщев О. Г. Оцінка задовільності умов середовища екотопів та прогнозне моделювання стану ценопопуляцій видів раритетної лісової флори (на прикладі тюльпана дібровного). Лісівництво і агролісомеліорація. 2015. Вип. 126. С. 188–201.

15. Вергелес Ю. І., Галетич І. К., Данова К. В., Задорожний К. М., Решетченко А. І., Рибалка І. О. Реакції клена гостролистого (*Acer platanoides* L.) міських насаджень на вплив комплексу фізичних факторів антропогенного походження. Людина та довкілля. Проблеми неоекології. 2016. Вип. 3–4 (26). С. 111–125.

16. Види роду *Tilia* L. у насадженнях м. Києва / Н. О. Олексійченко, М. О. Совакова, О. В. Соваков, О. І. Китаєв, С. І. Слюсар. К.: ЦП КОМПРИНТ, 2013. 246 с.

17. Власенко Н. О. Використання індексів життєвого стану для моніторингу міських насаджень. Біологія та екологія. 2024. Т.10. №2. С.26–33.

18. Власенко Н. О. Стратегії адаптації дерев до умов урбанізованого середовища. Науковий вісник НЛТУ України. 2025. Вип. 35. С. 9–15
19. Вміст забруднювачів у атмосферному повітрі м. Полтава <https://nupp.edu.ua/page/upravlinnya-yakistyu-atmosfernogo-povitrya-aglomeratsii-poltava.html>
20. Ганаба Д. В. Видове різноманіття та фітосанітарний стан деревних насаджень центральної частини міста Хмельницького. Вісник НУВГП. Сільськогосподарські науки: зб. наук. праць. Рівне: НУВГП, 2016. Вип. 2(74). С. 47–55.
21. Глібовицька Н. І., Парпан В. І. Липа серцелиста (*Tilia cordata* L.) як біоіндикатор стану забруднення урбанізованих територій важкими металами. Ecology and noospherology. 2013. Вип. 3–4). С. 89–94.
22. Гончаренко І. В. Фітоіндикація антропогенного навантаження. Дніпро, 2017. 127 с.
23. Дендрофлора України. Дикорослі й культивовані дерева і кущі. Покритонасінні. Частина I / М.А. Кохно, Л.І. Пархоменко, А.У. Зарубенко та ін. К: Фітосоціоцентр, 2003. 451 с.
24. Дендрофлора України. Дикорослі й культивовані дерева і кущі: Довідник. Ч. 2: Покритонасінні / Кохно М. А., Л.І. Пархоменко, А.У. Зарубенко та ін. К.: Фітосоціоцентр, 2005. 716 с. ISBN 966-306-096-5
25. Дерев'янюк Т. В., Орловський О. В. Моніторинг стану дерев в урбоценозах м. Полтава. Колесніковські читання: матеріали Всеукр. наук.-практ. конф., Харків, 19 листоп. 2024 р. / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова, Луганськ. нац. ун-т ім. Т. Шевченка, Дніпровськ. держ. аграр.-екон. ун-т [та ін. ; редкол.: Н.О. Олексійченко, У.М. Соколенко, М.О. Подольхова]. Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2024. С. 37–39. ISBN 978-966-695-613-5
26. Дідух Я. П. Основи біоіндикації. К.: Наукова думка, 2012. 344 с.
27. Дідух Я. П. Рослинний світ України в аспекті кліматичних змін. К.: Наук. думка, 2023. 202 с.

28. Доброчаєва Д.Н., Котов М.И. Определитель высших растений Украины. К.: Фитосоциоцентр, 1997. 548 с.
29. Довкілля Полтавщини. Монографія / За заг.ред. Голика Ю.С., Ілляш О.Е. Полтава: Копі-центр, 2014. 256 с.
30. Заїка В. К., Карпин Н. І. Дендрофлористичний склад вуличних насаджень міста Львова. Наукові праці Лісівничої академії наук України: збірник наукових праць. Львів: РВВ НЛТУ України. 2014. Вип. 12. С. 69–72.
31. Зайцева І. Дендробіонтні філофаги *Tilia* L. у насадженнях м. Дніпро: весняна фенологічна група. Питання біоіндикації та екології. Запоріжжя: ЗНУ, 2018. Вип. 23. № 1. С. 146–168.
32. Зайцева І. Комахи-філофаги *Quercus robur* L. в урбоценозах м. Дніпро. Fundamental And Applied Researches: Contemporary Scientific and practical Solutions and Approaches. Interdisciplinary Prospects/[Editors: A. Dushniy, M. Makhmudov, M. Strenacikova, V. Pnytskyi, I. Zymomrya]. Banska Bystrica–Baku–Uzhhorod–Kherson–Kryvyj Rih: Posvit, 2019. ISBN 978-617-7401-47-5. – 2019. С. 327.
33. Зайцева І, Джиган О. Фітосанітарний стан *Acer tataricum* L. в урбоценозах правобережної частини м. Дніпра. Вісник Львівського університету. Серія біологічна. 2022. №. 87. С. 99–111.
34. Заячук В. Я. Дендрологія: підручник. Львів: Априорі, 2008. 656 с.
35. Зінченко О. В., Швиденко І. М., Харченко Л. П. Динаміка росту і стану дерев клена гостролистого на ділянках із різною інтенсивністю руху транспорту в м. Харкові. Біологія та екологія. 2025. Т.10. №2. С. 42–50.
36. Іванченко О. Є. Аналіз видового складу та санітарного стану деревних насаджень парку Кирилівка (ім. С.М. Кірова) м. Дніпро. Питання біоіндикації та екології. 2015. Вип. 20, № 2. С. 104–121.
37. Іванченко О. Є. Видове різноманіття та таксаційні показники деревної рослинності Центрального парку культури і відпочинку м. Кам'янське. Питання біоіндикації та екології. 2017. Вип. 22, № 1. С. 66–85.

38. Іванченко О. Є. Дендрофлора соснового скверу м. Дніпро: видовий асортимент й таксаційні характеристики. Питання біоіндикації та екології. 2018. Вип. 23, № 1. С. 48–60.

39. Іванченко О. Є. Сучасний стан дендрофлори парку культури і відпочинку м. Вільногірськ Дніпропетровської області. Питання біоіндикації та екології. 2017. Вип. 22, № 2. С. 39–61.

40. Іванченко О. Є. Таксономічний склад та життєвий стан деревних насаджень вул. Ю. Савченка м. Дніпро. Питання біоіндикації та екології. 2018. Вип. 23, № 2. С. 80–96.

41. Іванченко О. Є., Бессонова В. П. Аналіз дендрофлори насаджень Молодіжного парку м. Дніпропетровськ. Біологія та екологія. 2015. Т.1, № 1. С. 20–32.

42. Іванченко О. Є., Бессонова В. П. Видове різноманіття та естетична характеристика насаджень селищного парку (сmt Іларіонове). Питання степового лісознавства та лісової рекультивациі земель. 2020. Т. 49. С. 26–47.

43. Ілляш О. Е., Комлева Ю. В. Аналіз впливу кліматичних факторів на рівень забруднення атмосфери м. Полтави. Вісник Харківського національного університету ім. В. Н. Каразіна. Серія «Екологія». 2017. Вип.16 (Присвячений 10-річчю екологічного факультету). С. 73–77.

44. Інструкція з технічної інвентаризациі зелених насаджень у населених пунктах України, затверджена наказом Державного комітету будівництва, архітектури та житлової політики України від 24.12.2001 № 226 та зареєстрованої у Міністерстві юстиції України 25.02.2002 за № 182/6470.

45. Іщенко В., Піддубна Ю. Дендрофлора мікрорайону Огнівка (м. Полтава) та її особливості. Біологія та екологія. 2020. Вип. 6(1-2). С. 44–47.

46. Кардаш Є. С. Особливості трофічної активності філофагів у зелених насадженнях м. Харкова (Україна). Вісті Харківського ентомологічного товариства. 2021. Т. XXIX, вип. 1. С. 77–84. DOI: 10.36016/KhESG-2021-29-1-7.

47. Кардаш Є. С., Соколова І. М. Структура комплексів комах-філофагів листяних насаджень м. Харків. Біорізноманіття, екологія та експериментальна біологія. 2020, 22(1): 68–81. doi:<https://doi.org/10.34142/2708-5848.2020.22.1.07>.

48. Карпин Н. І. Фітопатогени та шкідники видів роду *Tilia* L. в умовах міста Львова. Науковий вісник НЛТУ України. 2016. Вип. 26.4. С. 76–82.

49. Карпин Н. І., Заїка В. К., Соханьчак Р. Р. Морфометричні показники асиміляційного апарату видів роду *Tilia* L. в урбогенних умовах Львова. Науковий вісник НЛТУ України. 2015. Вип. 25(4). С. 35–39.

50. Кліматогенні зміни рослинного світу Українських Карпат : монографія / Дідух Я. П., Чорней І. І., Буджак В. В. та ін.; наук. ред. Я.П. Дідух, І. І. Чорней. Чернівці: Друк Арт, 2016. 280 с.

51. Ковалевський С. Б., Шепелюк М. О. Дендрофлора міста Луцька. Монографія. Луцьк, 2019. 197 с.

52. Коваль І. М. Дендрохронологічні засади оцінювання соснових і дубових деревостанів України: монографія. Х.: Мачулін, 2023. 252 с. ISBN 978-617-8195-25-0

53. Коваль І. М., Мікуліна І. М. Дендрохронологічні дослідження кінського каштана звичайного, пошкодженого каштановою мінуючою міллю в лісостепу. Науковий вісник НЛТУ України. Львів: РВВ НЛТУ України. 2012. Вип. 22 (10). С. 40–45.

54. Коленкіна М. С. Стан липи дрібнолистої (*Tilia cordata* Mill.) у зелених насадженнях міста Харків (за даними весняного обстеження). Науковий вісник НЛТУ України. 2020. Вип. 30(5). С. 25–30.

55. Коленкіна М. С. Оцінювання стану та декоративності кленів у Дендропарку ХНАУ: Матеріали підсумкової наукової конференції професорсько-викладацького складу, аспірантів і здобувачів, частина II (23–24 березня 2016 р., ХНАУ ім. В.В. Докучаєва). Х.: ХНАУ, 2016. С. 89–90.

56. Коршиков І.І., Котов В.С., Михеенко І.П. та ін. Взаємодія рослин з техногенно забрудненим середовищем. Стійкість. Фітоіндикація. Оптимізація. Київ: Наукова думка. 1995. 191 с.

57. Кукіна О. М., Швиденко І. М., Харченко Л. П. Біотичні чинники пошкодження листя дерев роду *Acer* L. в урбоценозах Харкова. Біорізноманіття, екологія та експериментальна біологія. 2024, Том 26, №1. С. 22–32.
58. Кучерявий В. П. Урбоекологія. Львів: Світ, 2001. 440 с.
59. Лавров В. В., Слободенюк О. І., Савчук Л. А. Стан зелених насаджень міста Умань. Науковий вісник НЛТУ України. 2019. Вип. 29, № 8. С. 25–30.
60. Левон Ф. Зелені насадження в антропогенному трансформованому середовищі: монографія. К.: Вид-во ННЦ ІАЕ, 2008. 364 с.
61. Леонтьєв Д. В. 2007. Флористичний аналіз у мікології. Харків: Основа. 160 с.
62. Ловинська В. М., Зайцева І. А., Тищенко А. В. Видовий склад та життєвий стан зелених насаджень проспекту Кірова та вулиці Титова м. Дніпропетровськ. Питання біоіндикації та екології. Запоріжжя: ЗНУ, 2013. Вип. 18, № 1. С. 116–125.
63. Масальський В. П., Кузнецов С. І. Вплив паркових насаджень на температурний режим урбанізованого середовища. Науковий вісник НЛТУ України. 2018. Вип. 28 (7). С. 49–52.
64. Масальський В. П., Мордатенко І. Л. Газо- і димостійкість культивованих видів роду *Tilia* L. в умовах урбанізованого середовища Правобережного Лісостепу України (на прикладі вуличних насаджень міст Києва та Білої Церкви). Науковий вісник НЛТУ України. 2014. Вип. 24.4. С. 104–108.
65. Матковська С. І. Оцінювання видового складу захисних насаджень промислового мікрорайону міста Житомира. Науковий вісник НЛТУ України. 2015. Вип. 25.2. С. 115–119.
66. Матусяк М. В. Сучасний стан розвитку хвороб та шкідників зелених насаджень м. Вінниці та оцінка їхнього впливу на життєздатність деревних рослин. Сільське господарство та лісівництво: зб. наук. пр. ВНАУ. 2019. № 13. С. 217–227.

67. Мельник Т. І. Стан вуличних насаджень центральної частини м. Суми. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Агрономія і біологія. 2015(9). С. 219–224.

68. Мельник Т. І., Мельник А. В. Видовий склад і кількісна участь деревних порід у вуличних насаджень міста Суми. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Сер. Лісівництво та декоративне садівництво. К., 2013. Вип. 187 (3). С. 49–55.

69. Методичні вказівки з нагляду, обліку та прогнозування поширення шкідників і хвороб лісу для рівнинної частини України / укладач В.Л. Мешкова. Харків: ТОВ Планета-Прінт, 2020. 92 с.

70. Мешкова В. Л. Виявлення чужорідних шкідливих комах під час моніторингу урбоекосистем / матеріали III Всеукр. наук.-практ. конф. «Колесніковські читання», присвяченої пам'яті проф. О. І. Колеснікова, Харків, 19 листоп. 2024 р. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2024. С. 42–44. ISBN 978-966-695-613-5С.

71. Мешкова В. Л. Зміна клімату та міські насадження. Лісовий вісник. 2017. №11–12. С. 10–13.

72. Мешкова В. Л., Мікуліна І. М. Оптимізація обліку чисельності каштанового мінера *Cameraria ohridella* Deschka and Dimic, 1986 (*Lepidoptera: Gracillariidae*). Лісівництво і агролісомеліорація. 2008. Вип. 114. С. 182–186.

73. Мешкова В. Л., Мікуліна І. М. Просторово-часова динаміка популяцій липового мінера у зелених насадженнях Харківщини. Наук. вісник НУБіПУ. 2012. Вип. 171, част. 3. С.159–166.

74. Мешкова В. Л., Скрильчик Ю. Є., Кошеляєва Я. В. Санітарний стан берези повислої у Лівобережному лісостепу України: монографія. Харків: Мачулін, 2023. 163 с. 5 с. іл. ISBN 978-617-8195-37-3

75. Мікуліна І. М. Сезонний розвиток липового мінера *Phyllonorycter issikii* Kumata, 1963 (*Lepidoptera: Gracillariidae*) у зелених насадженнях Харківщини. Изв. Харьк. энтомол. о-ва. 2011. Т. XIX, вып. 1. С. 57–61.

76. Олексійченко Н., Совакова М., Соваков О., Чигринець В., Кутя М. (2012). Дендрохронологічний аналіз липи серцелистої (*Tilia cordata* Mill.) в умовах урбанізованого середовища. Наукові праці Лісівничої академії наук України. 2012. Вип. 10. С. 172–176.

77. Олексійченко Н. О., Матковська С. І. Екологічна роль омолоджувального обрізування дерев роду *Tilia* L. у вуличних насадженнях Житомира. Науковий вісник НЛТУ України. 2015. Вип. 25(9). С. 14–18.

78. Орловський О. В. Індикація екологічних умов за складом дендрофлори у різних зонах Прирічкового парку м. Полтава. Біологія та екологія. 2024. Т.10. №1. С. 32–40.

79. Орловський О. В. Поширеність і показники стану окремих видів дендрофлори м. Полтави. «Наукові читання імені В.М. Виноградова»: Матеріали VI-ої Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти та молодих учених. 23–24 травня 2024 року. Херсон: 2024. С.76–78.

80. Орловський О. В. Різноманіття дендрофлори парків і вулиць Полтави в умовах антропогенного навантаження. Біорізноманіття, екологія та експериментальна біологія. 2024. Т.26 (1). С. 88–98. <https://doi.org/10.34142/2708-5848.2024.26.1.09>.

81. Орловський О.В. Систематичний аналіз декоративних сортів та форм дерев в озелененні вулиць м. Полтава. Сьома міжнародна конференція молодих учених «Харківський природничий форум». (16–17 травня 2024 р.): збірник наукових праць. Харків: ХНПУ імені Г. С. Сковороди, 2024. С. 99–100.

82. Орловський О. В., Дерев'янка Т.В., Реакція дерев на забруднення повітря викидами транспорту у м. Полтава. Рослини та урбанізація: Матеріали XIV Міжнародної науково-практичної конференції (Дніпро, 3 лютого 2025 р.). Дніпро, 2025. С. 131–134.

83. Орловський О. В., Дерев'янка Т. В. Санітарний стан дерев під різним антропогенним впливом у насадженнях Полтави. Біологія та екологія. 2025. Т.10. №2. С. 80–88.

84. Орловський О. В., Коваль І. М. Дендроіндикація гіркокаштана звичайного в зелених насадженнях м. Полтава. Лісовирощування: історична та інноваційна діяльність у галузі лісового господарства [електронне видання]:збірник матеріалів ІІ Всеукраїнської науково-практичної конференції до 205-річчя з дня народження В. Є. фон Граффа, м. Овруч-Малин, 08 листопада 2024 року. Малин : Малинський фаховий коледж. Видавництво : МФК, 2024. С. 122–124.

85. Павлюкова Н. Ф., Легостаєва Т. В. Зміни анатомо-морфологічних показників рослин роду *Acer* L. в умовах м. Дніпро. Питання степового лісознавства та лісової рекультивациі земель. 2016. Вип. 45. С. 113–118.

86. Панасенко Т. В. Санітарно-гігієнічні та оздоровчі властивості дерев та кущів. Проблеми відтворення та охорони біорізноманіття України: матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. Полтава, 2005. С. 34–35.

87. Паньків Н. Є., Тетерко Н. З. Оцінювання забруднення атмосферного повітря внаслідок завантаженості вулиць Львова автотранспортом. Науковий вісник НЛТУ України. 2016. Вип. 26(8). С. 215–223.

88. Парпан В. І., Миленька М. М. Методологічні аспекти оцінки екологічного стану урбанізованих і техногенно змінених територій. Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Екологія. 2010. Вип. 2. С. 61–68.

89. Піхало О. В. Вплив засоленості ґрунту на стан та життєвість вуличних деревних рослин м. Києва. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Сер.: Лісівництво та декоративне садівництво. 2013. Вип. 187 (3). С. 100–106.

90. Піхало О. В. Особливості зростання вуличних насаджень в урбогенних умовах м. Києва. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Сер.: Лісівництво та декоративне садівництво. 2014. Вип. 198 (1). С. 180–185.

91. Піщаленко М. А., Бараболя О. В., Чайка Т. О. Вплив видового складу дендрофлори біотопів м. Полтави на поширення омели білої (*Viscum album* L.). Вісник ПДАА. 2020. № 2. С. 99–109.

92. Полтавська обласна військова адміністрація Департамент екології та природних ресурсів. Огляд стану довкілля Полтавської області III квартал 2023 р.

93. Полторацька В. М., Тимошенко О. А., Бойко А. О., Шаламова А. Д. Оцінювання видового різноманіття біоценозів міста Дніпро. Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. 2019. №6. С. 259–260.

94. Пономарьова О. А. Зміни анатомічної будови листків дерев роду *Tilia* L. як показник адаптації до різних до різних умов зростання. Питання біоіндикації та екології. Запоріжжя: ЗНУ, 2013. Вип. 18, № 2. С. 105–120.

95. Пузріна Н. В., Мешкова В. Л., Миронюк В. В., Бондар А. О., Токарева О. В., Бойко Г. О. Моніторинг шкідливих організмів лісових екосистем: навч. посібник. Київ: НУБіП України, 2021. 274 с.

96. Пузріна Н. В., Мешкова В. Л. Шкідники і збудники хвороб деревних декоративних рослин (частина 2): навч. посібник. Київ: РВД НУБіП України, 2024. 219 с. ISBN 978-617-8368-14-2

97. Санітарні правила в лісах України : Затв. Постановою Кабінету Міністрів України від 26 жовтня 2016 р. № 756. <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/756-2016-%D0%BF> (дата звернення 04.04.2024 р.)

98. Скрильник Ю. Є., Зінченко О. В. Шкідливі комахи та грибні хвороби кленів (*Acer* L.) у зелених насадженнях м. Харків. Фундаментальні і прикладні проблеми сучасної екології та захисту рослин: матеріали науково-практичної конф., присвяченої 85-річчю факультету захисту рослин (1932–2017) ХНАУ ім. Докучаєва, 14–15 вересня 2017 р., м. Харків. Харків, 2017. С. 90–93.

99. Скрильник Ю. Є., Кукіна О. М., Зінченко О. В., Власенко Н. О., Туренко В. П. Поширеність та інтенсивність пошкодження листя *Tilia cordata* Mill. у міських і лісових насадженнях Харківщини. Лісівництво і агролісомеліорація. 2024. Вип. 145. С. 123-133.

100. Скрильник Ю. Є., Швиденко І. М., Швиденко М. В., Харченко Л. П. Особливості ураження *Viscum album* L. представників роду *Acer* L. у насадженнях міста Харкова. Науковий вісник НЛТУ України. 2025. Вип. 35. С.40–45

101. Смоляр Н. О. Зелені насадження Полтави в контексті стратегії розвитку міста. Архітектура: естетика+екологія+економіка: матеріали IV міжнар. наук.-практ. конф. Полт. національн. техн. ун-т імені Юрія Кондратюка, 2019 р. Полтава, 2019. С. 122–123.

102. Смоляр Н. О., Кобелецька Н. М. Біотопічне багатство Прирічкового парку в Полтаві як показник збереженості його природного біорізноманіття. Тези 74-ї наукової конференції професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» (Полтава, 25 квітня – 21 травня 2022 р.). Полтава: Національний університет імені Юрія Кондратюка, 2022а. Т. 1. С. 269–271.

103. Смоляр Н. О., Кобелецька Н. М. Водні біотопи Прирічкового парку – важливої водоохоронної зони р. Ворскла у Полтаві (Україна). «Modern challenges to science and practice The III International Scientific and Practical Conference, Varna, Bulgaria, January 24–26, 2022b. С. 92–96.

104. Смоляр Н. О., Семеренко Н. М. Характеристика лісових біотопів Прирічкового парку м. Полтава (Україна). Екологія. Довкілля. Енергозбереження: Матер. I Всеукр. наук.-практ. конф. з міжнар. участю, присв. 90-річчю Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка». Полтава, 3–4 грудня 2020 р. Полтава: НУПП, 2020. С. 20–27.

105. Соколова І. М., Швиденко І. М., Кардаш Є. С. Поширеність гризучих комах-філофагів у насадженнях м. Харкова. Український ентомологічний журнал. 2020. Вип. 1–2 (18). С. 67–79.

106. Тараненко А. О., Глазунова В. Є. Кліматична політика у м. Полтаві та аналіз інноваційних методів з адаптації до змін клімату в містах. Вісник ПДАА. 2022. № 4. С. 59–65. doi: 10.31210/visnyk2022.04.07

107. Ткач В. П., Тарнопільська О. М., Орлов О. О. Типи лісових формацій України в системі європейських класифікацій / за редакцією В. П. Ткача. Харків: Мадрид, 2024. 415 с.

108. Федяй І. О., Маркіна Т. Ю. Зоогеографічна характеристика напівтвердокрилих (Hemiptera: Heteroptera) урбоценозів міста Харків. *Ukrainian Entomological Journal*. 2021. Вип. 19 (1–2). С. 61–76.

109. Швиденко І. М., Кардаш Є. С., Коленкіна М. С. Особливості динаміки щільності мін і фенології каштанового мінера (*Cameraria ohridella* Deschka & Dimic, 1986) у зелених насадженнях м. Харків. *Biodiversity, Ecology and Experimental Biology*. 2020. Вип. 2- С. 59–69. <https://doi.org/10.34142/2708-5848.2020.22.2.07>

110. Юрченко А. О., Смоляр Н. О. Щодо біоіндикації гідрофільних біотопів Прирічкового парку (м. Полтава). Екологія, неоекологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування: М-ли VI Міжнарод. наук. конф. молодих вчених, м. Харків, ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 27–28 листопада 2018. С. 138–139.

111. Ågren K. Tree origin or traits? What factors make a tree suitable as an urban habitat for insect fauna? SLU, 2022. 81 pp.

112. Andrew N. R., Roberts I. R., Hill S. J. Insect herbivory along environmental gradients. *Open Journal of Ecology*. 2012. Vol.2, No.4. P. 202–213.

113. Andrianjara I., Cabassa C., Lata J. C., Hansart A., Raynaud X., Renard M., ... & Planchais S. Characterization of stress indicators in *Tilia cordata* Mill. as early and long-term stress markers for water availability and trace element contamination in urban environments. *Ecological Indicators*. 2024. Vol. 158, 111296.

114. Aronson M. F., Lepczyk C. A., Evans K. L., Goddard M. A., Lerman S. B., MacIvor J. S., ... & Vargo T. Biodiversity in the city: key challenges for urban green space management. *Frontiers in Ecology and the Environment*. 2017. Vol. 15(4). P. 189–196.

115. Aubin I., Munson A. D., Cardou F., Burton P. J., Isabel N., Pedlar J. H., ... & McKenney D. Traits to stay, traits to move: a review of functional traits to assess

sensitivity and adaptive capacity of temperate and boreal trees to climate change. *Environmental Reviews*. 2016. Vol. 24(2), P. 164–186.

116. Augustinus B. A., Abegg M., Queloz V., Brockerhoff E. G. Higher tree species richness and diversity in urban areas than in forests: Implications for host availability for invasive tree pests and pathogens. *Landscape and Urban Planning*. 2024. Vol. 250. P. 105–144.

117. Bayraktar E. P., Isinkaralar O., Isinkaralar K. Usability of several species for monitoring and reducing the heavy metal pollution threatening the public health in urban environment of Ankara. *World Journal of Advanced Research and Reviews*. 2022. Vol.14(3). P. 276–283.

118. Bessonova V. P., Chongova A. S., Sklyarenko A. V. Influence of multicomponent contamination on the content of photosynthetic pigments in the leaves of woody plants commonly planted for greening of cities. *Biosystems Diversity*, 2020. Vol. 28(2). P. 203–208. doi:10.15421/012026

119. Bessonova V., Ponomaryova E., Ivanchenko O., Dzhygan O. Changes in the morphometric and anatomical parameters of shoots and leaves of *Acer platanoides* L. after rejuvenation pruning. *Știința Agricolă*. 2023. Vol. (1), P. 25–34.

120. Bibi D., Tózsér D., Sipos B., Molnár V. É., Simon E., Tóthmérész B. Complex study of air pollution based on tree species in Vienna. *Air Quality, Atmosphere & Health*. 2024. Vol. 17(2). P. 417–424.

121. Blake E., Bennett S., Hruska A., Komatsu K. J. Insect herbivory on *Acer rubrum* varies across income and urbanization gradients in the DC metropolitan area. *Urban Ecosystems*. 2024. Pp. 1–10.

122. Branco M., Nunes P., Roques A., Fernandes M. R., Orazio C., Jactel H. Urban trees facilitate the establishment of non-native forest insects. *NeoBiota*. 2019. Vol. 52. P. 25–46. DOI: 10.3897/neobiota.52.36358

123. Callow D., May P., Johnstone D. M. Tree vitality assessment in urban landscapes. *Forests*. 2018. Vol. 9(5). P. 279. <https://doi.org/10.3390/f9050279>

124. Carol-Aristizabal M., Dupras J., Messier C., Sousa-Silva R. Which Tree Species Best Withstand Urban Stressors? Ask the Experts. *Arboriculture & Urban Forestry (AUF)*. 2024. Vol. 50(1). P. 57–75.

125. Ciupak A., Dziwulska-Hunek A., Gładyszewska B., Kwaśniewska A. The relationship between physiological and mechanical properties of *Acer platanoides* L. and *Tilia cordata* Mill. leaves and their seasonal senescence. *Scientific Reports*. 2019. Vol. 9(1). P. 4287.

126. Cook E. R., Kairiukstis A. *Methods of dendrochronology*. Berlin: Kluwer Academic Publishers, 1992. 394 pp.

127. Cosmulescu S., Buican Stanciu A., Ionescu M. The influence of temperature on phenology of ornamental woody species in urban environment. *Scientific Papers. Series B. Horticulture*. 2020. Vol. 64(1). P. 61–67.

128. Czaja M., Kołton A., Muras P. The complex issue of urban trees –Stress factor accumulation and ecological service possibilities. *Forests*. 2020. Vol. 11(9). P. 932.

129. Dadea C., Russo A., Tagliavini M., Mimmo T., Zerbe S. Tree species as tools for biomonitoring and phytoremediation in urban environments: A review with special regard to heavy metals. *Arboriculture & Urban Forestry*. 2017. Vol. 43(4). P. 155–167.

130. Davydenko K., Skrylnyk Y., Borysenko O., Menkis A., Vysotska N., Meshkova V., ... & Vasaitis R. Invasion of Emerald Ash Borer *Agrilus planipennis* and Ash Dieback Pathogen *Hymenoscyphus fraxineus* in Ukraine – A Concerted Action. *Forests*. 2022. Vol. 13(5). P. 789.

131. Dawadi S., Sadof C. S. Response of the soft scale insect *Parthenolecanium corni* and its natural enemies on honeylocust trees to urban conditions. *Biological Control*. 2023. Vol. 179. P. 105178.

132. De Pauw K., Depauw L., Calders K., Caluwaerts S., Cousins S. A., De Lombaerde E., ... & De Frenne P. Urban forest microclimates across temperate Europe are shaped by deep edge effects and forest structure. *Agricultural and Forest Meteorology*. 2023. Vol.341. P. 109632.

133. Didukh Ya. P. The ecological scales for the species of Ukrainian flora and their use in synphytoindication. Kyiv: Phytosociocentre, 2011. 176 p.

134. Dineva S. B. Morphological and structural modification induced by air pollutants in *Acer campestre* L. leaves. *Analele Stiintifice ale Universitatii "Al. I. Cuza" din Iasi*. 2017. Vol. 63(1/2), P. 13–23.

135. Dmuchowski W., Baczewska-Dąbrowska A., Gozdowski D., Bragoszewska P., Gworek B., Suwara I., ... & Swiezewska E. Effect of salt stress in urban conditions on two *Acer* species with different sensitivity. *PeerJ*. 2021. Vol. 9. e10577.

136. Drăgucian, V. D., Toplicean, I. M., Miculescu, A. R., & Datcu, A. D. Studies regarding the physiological behaviour of *Juglans regia* and *Robinia pseudoacacia* in urban environment. *Annals of West University of Timișoara, ser. Biology*. 2023. Vol. 26 (2). Pp. 115–122.

137. Dziedzic N., Cho A., Hanson C., Davis A., Berkelhammer M. B., Matamala R., ... & Gonzalez-Meler M. A. Can plant functional traits be used as integrators of environmental stressors in urban areas? AGU23. 2023 (presentation at the American Geophysical Union (AGU) 2023 conf.

138. Frank S. D., Just M. G. Can cities activate sleeper species and predict future forest pests? A case study of scale insects. *Insects*. 2020. Vol. 11 (3). P. 142. <https://doi.org/10.3390/insects11030142>

139. Fűhrer E., Horváth L., Jagodics A., Machon A., Szabados I. Application of a new aridity index in Hungarian forestry practice. *Időjárás*. 2011. Vol.115 (3). P. 205–216.

140. Fusaro L., Salvatori E., Winkler A., Frezzini M. A., & De Santis E. Urban trees for biomonitoring atmospheric particulate matter: An integrated approach combining plant functional traits, magnetic and chemical properties *Ecol. Indic* 2021. Vol. 126. P. 107707.

141. Gillner S., Bräuning A., Roloff A. Dendrochronological analysis of urban trees: climatic response and impact of drought on frequently used tree species. *Trees*. 2014. Vol. 28. P. 1079–1093.

142. Gräf M., Pucher B., Hietz P., Hofbauer K., Allabashi R., Pitha U., ... & Stangl R. Application of leaf analysis in addition to growth assessment to evaluate the suitability of greywater for irrigation of *Tilia cordata* and *Acer pseudoplatanus*. *Science of The Total Environment*. 2022. Vol. 836. P. 155745.

143. Hammer O., Harper D. A. T., Ryan P. D. PAST: paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*. 2001. Vol. 4. P. 1–9.

144. Huang R., Tian Q., Zhang Y., Wu Y., Li Z., Tang Z., Zhou A. Response of leaf functional traits of landscape plants to urban green space environment in Lanzhou, China. *Forests*. 2022. Vol. 13. P. 682. <https://doi.org/10.3390/f13050682>

145. Ianovici N., Batalu A., Hriscu D., Datcu A. D. Phytomonitoring study on intra urban variations of leaves of some evergreen and deciduous trees. *Ecological Indicators*. 2020. Vol. 114. P. 106313.

146. Jactel H., Bauhus J., Boberg J., Bonal D., Castagneyrol B., Gardiner B., ... & Brockerhoff E. G. Tree diversity drives forest stand resistance to natural disturbances. *Current Forestry Reports*. 2017. Vol.3(3). P. 223–243. <https://doi.org/10.1007/s40725-017-0064-1>

147. Jansone D., Matisons R., Jansons Ā., Jaunslaviete Ie. Meteorological conditions have a complex effect on the tree-ring width of horse chestnut *Aesculus hippocastanum* in a forest plantation in Latvia. *Dendrochronologia*. 2023. Vol. 77. P. 126031. <https://doi.org/10.1016/j.dendro.2022.P.126031>

148. Kardash E. Changes in the complex of phyllophagous Lepidoptera (Insecta) in deciduous trees of Kharkiv city for 50 years. *Baltic Coastal Zone. Journal of Ecology and Protection of the Coastline*. 2020. Vol. 24. P. 27–39.

149. Kosiba P. Variability of morphometric leaf traits in small-leaved linden [*Tilia cordata* Mill.] under the influence of air pollution. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*. 2008. Vol. 77(2). P. 125–137.

150. Kukina O., Kardash E., Shvydenko I. Expected harmfulness of gnawing phyllophagous insects in urban stands of Kharkiv city. *Folia Forestalia Polonica*. 2021. Vol. 63.4. P. 267–275.

151. Li T., He B., Chen D., Chen H. W., Guo L., Yuan W. et al. Increasing sensitivity of tree radial growth to precipitation. *Geophysical Research Letters*. 2024. Vol.51, e2024GL110003. <https://doi.org/10.1029/2024GL110003>

152. Liang D., Huang G. Influence of urban tree traits on their ecosystem services: a literature review. *Land*. 2023. Vol. 12(9)- P. 1699.

153. Liu M., Pietzarka U., Meyer M., Kniesel B., Roloff A. Annual shoot length of temperate broadleaf species responses to drought. *Urban Forestry & Urban Greening*. 2022. Vol. 73, 127592. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2022.127592>

154. Lovynska V., Holoborodko K., Ivanko I., Sytnyk S., Zhukov O., Loza I., Wiche O., & Heilmeyer H. Heavy metal accumulation by *Acer platanoides* and *Robinia pseudoacacia* in an industrial city (Northern Steppe of Ukraine). *Biosystems Diversity*, 2023. Vol. 31(2). P. 246–253. doi:10.15421/012327

155. Łukasiewicz S. The influence of urban environment factors on the growth of horse chestnut *Aesculus hippocastanum* L. *Acta Scientiarum Polonorum. Formatio Circumiectus*. 2022. Vol. 21.

156. Łukaszewicz J., Długoski A., Fortuna-Antoszkiewicz B., Fialová J. The ecological potential of poplars (*Populus* L.) for city tree planting and management: a preliminary study of Central Poland (Warsaw) and Silesia (Chorzów). *Land*. 2024. Vol. 13. P. 593. <https://doi.org/10.3390/land13050593>.

157. Lv H., Dermann A., Dermann F., Petridis Z., Köhler M., Saha S. Comparable diameter resulted in larger leaf area and denser foliage in the park trees than in street trees: A study on Norway maples of Karlsruhe city, Germany. *Heliyon*. 2024. Vol. 10(1).

158. Margaritis E., Kang J. Relationship between green space-related morphology and noise pollution. *Landscape and Urban Planning*. 2017. Vol. 157. P. 921–933. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.09.032>

159. Marty C., Houle D., Bilodeau-Gauthier S., Gagnon C. Using sugar maple tree rings to trace historic lead pollution in eastern Canada temperate forest. *Applied Geochemistry*. 2024. Vol. 160. P. 105855.

160. Matic M., Pavlovic D., Perovic V., Cakmak D., Kostic O., Mitrovic M., & Pavlovic P. Assessing the potential of urban trees to accumulate potentially toxic elements: A network approach. *Forests*. 2023. Vol. 14, P. 2116. <https://doi.org/10.3390/f14112116>

161. Meineke E. K., Eng D. S., Karban R. Vehicle pollution is associated with elevated insect damage to street trees. *Journal of Applied Ecology*. 2023. Vol. 60(2). P. 263–277.

162. Meshkova V. Alien phytophagous insects in forest and urban stands of Ukraine. *Bucovina Forestieră*. 2022. Vol. 22(1). P. 29–40.

163. Meshkova V. Foliage-browsing Lepidoptera (Insecta) in deciduous forests of Ukraine for the last 70 years. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*. 2021. Iss. 22. Pp. 173–179. DOI: <https://doi.org/10.15421/412115>

164. Meshkova V. Pros and Cons of Climate Change for Forest Phytophagous Insects. Presented at the 1st International Electronic Conference on Entomology (IECE 2021). 2021. Vol. 1. P. 15.

165. Meshkova V. Who, Where, When, and How? Challenges for Prediction and Control of Forest Damage. *Environmental Sciences Proceedings*. 2022. Vol.22(1). P. 71.

166. Meshkova V., Borysenko O., Kucheryavenko T., Skrylnyk Y., Davydenko K., Holusa J. Potential Westward Spread of Emerald Ash Borer, *Agrilus planipennis* Fairmaire, 1888 (Coleoptera: Buprestidae) from Eastern Ukraine. *Forests*. 2023. Vol.14, P. 736. <https://doi.org/10.3390/f14040736>

167. Meshkova V. L., Davydenko K. V. Verticillium wilt on Norway maple (*Acer platanoides* L.) in the East of Ukraine. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*. 2016. Vol.14. P. 174–179.

168. Meshkova V. L., Mikulina I. M. Seasonal development of horse-chestnut leafminer, *Cameraria ohridella* Deschka et Dimić, 1986 (Lepidoptera: Gracillariidae) in the green stands of Kharkov. *The Kharkov Entomol. Soc. Gaz*. 2013. Vol. 21 (2). P. 29–37.

169. Meshkova V., Zinchenko O., Us V., Skrylnyk Y. Emerald Ash Borer in the Park with a Long-Time History of Black Ash Sawfly Defoliation. *Environ. Sci. Proc.* 2024. Vol. 31(1), P. 4; <https://doi.org/10.3390/eesp2024031004>
170. Meyer S., Rusterholz H. P., Baur B. Urbanisation and forest size affect the infestation rates of plant-galling arthropods and damage by herbivorous insects. *European Journal of Entomology.* 2020. Vol. 117. P. 34–48.
171. Milentijević N., Dragojlović J., Ristić D., Cimbaljević M., Demirović D., Valjarević A. The assessment of aridity in Leskovac Basin, Serbia (1981–2010). *Journal of the Geographical Institute “Jovan Cvijić”.* 2018. Vol. 68 (2). P. 249–264. <https://doi.org/10.2298/IJGI1802249M>
172. Moniuszko H., Puchalska E., Mikowska K., Wójcik-Gront E., Popek R., Lewandowski M., Przybysz A. Is there a downside to plant ecological services in the city? Influences of particulate matter on the two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae*) foraging on the small-leaved lime in urban conditions. *Science of the Total Environment.* 2023. Vol. 905. P. 167567.
173. Panchev V., Kouzмова K., Ivanova V., Panayotov N. Phenological behaviors of large-leaved Linden (*Tilia plathyphyllos* Scop.) seedlings in depending on environmental conditions. *Scientific Papers. Series B. Horticulture.* 2019. Vol. 63(1).
174. Patel A., Tiwari S., Khandelwal A., Singh C., Pandey N., Tiwari A., ... & Prasad S. M. Plants as biomarkers for monitoring environmental pollution. *Biomarkers in Environmental and Human Health Biomonitoring.* Academic Press. 2024. Pp. 169–184.
175. Petrova S., Petkova M. Plant Traits of *Tilia tomentosa* Moench, *Fraxinus excelsior* L., and *Pinus nigra* J. F. Arnold as a Proxy of Urbanization. *Forests.* 2023. Vol. 14. P. 800. <https://doi.org/10.3390/f14040800>
176. Popek R., Przybysz A., Gawronska H., Klamkovski K., Gavronsky S. W. Impact of particulate matter accumulation on the photosynthetic apparatus of roadside woody plants growing in the urban conditions. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 2018. Vol. 15. P. 163. doi: 1016 / J. ecoenv, 2018. 07. 051.

177. Rodríguez-Santamaría K., Zafra-Mejía C. A., Rondón-Quintana H. A. Macro-morphological traits of leaves for urban tree selection for air pollution biomonitoring: a review. *Biosensors*. 2022. Vol. 12(10), P. 812.

178. Salamanca-Fonseca M., Aldana A. M., Vargas-Martinez V., Acero-Gomez S., Fonseca-Tellez J., Gutierrez S., ... & Sanchez A. Effects of urban, peri-urban and rural land covers on plant functional traits around Bogotá, Colombia. *Urban Ecosystems*. 2024. Vol. 27(1), P. 251–260. <https://doi.org/10.1007/s11252-023-01429-6>

179. Seliutina O. V., Holoborodko K. K., Pakhomov O. Ye., Dubyna A. O. Assessment of leaf damage degree in *Aesculus hippocastanum* L. during the growing season in the conditions of Dnipro city. *Ecology and Noospherology*. 2021. Vol. 32(2). P. 82–86. doi:10.15421/032114

180. Sharmin M., Tjoelker M. G., Esperon-Rodriguez M., Katlav A., Gilpin A. M., Rymer P. D., Power S. A. Urban greening with shrubs can supercharge invertebrate abundance and diversity. *Scientific Reports*. 2024. Vol. 14(1). P. 8735.

181. Sidor C. G., Cuciurean C. I., Popa I., Leca S, ...Vlad R., Badea O. Broad-Leaved Tree Growth Modulated by Industrial Air Pollution in the Northern Romania (Baia Mare Region). *Forests*. 2022. Vol. 13, P. 807. <https://doi.org/10.3390/f13050807>

182. Stemmelen A., Paquette A., Benot M. L., Kadiri Y., Jactel H., & Castagneyrol B. Insect herbivory on urban trees: Complementary effects of tree neighbours and predation. *Peer Community Journal*. 2022. Vol.2. article e22. <https://doi.org/10.24072/pcjournal.106>

183. Stepova O., Kornishyna A., Lutsenko I., Kondratov D., Borysov A., & Sydorenko V. Case study of noise pollution from vehicles and legal mechanisms for road noise control. *Ecological Questions*. 2022. Vol. 33(3), P. 99–121.

184. Su Y., Cui B., & Luo Y. Leaf Functional Traits Vary in Urban Environments: Influences of Leaf Age, Land-Use Type, and Urban-Rural Gradient. *Front Ecol Evol*. 2021. Vol. 9. 14 p.

185. Suchocka M., Swoczyna T., Kosno-Jończy J., Kalaji H. M. Impact of heavy pruning on development and photosynthesis of *Tilia cordata* Mill. trees. PloS One. 2021. Vol. 16(8), e0256465.

186. Swoczyna T., Latocha P. Monitoring seasonal damage of photosynthetic apparatus in mature street trees exposed to road-side salinity caused by heavy traffic. Photosynthetica. 2020. Vol. 58.

187. Tabassum S., Manea A., & Leishman M. R. Limiting the impact of insect pests on urban trees under climate change. Urban Forestry & Urban Greening. 2024. 128246.

188. TuTiempo.net (<https://en.tutiempo.net/climate/01-1961/ws-335060.html>)

189. Valdés-Correcher E., Popova A., Galmán A., ... & Castagneyrol B. Herbivory on the pedunculate oak along an urbanization gradient in Europe: Effects of impervious surface, local tree cover, and insect feeding guild. Ecology and Evolution. 2022. Vol. 12(3), e8709.

190. Vigevani I., Corsini D., Mori J., Pasquinelli A., Gibin M., Comin S., ... & Fini A. Particulate pollution capture by seventeen woody species growing in parks or along roads in two European cities. Sustainability. 2022. Vol. 14(3). P. 1113.

191. Weryszko-Chmielewska E., Piotrowska-Weryszko K., Dąbrowska A. Response of *Tilia* sp. L. to climate warming in urban conditions – Phenological and aerobiological studies. Urban Forestry & Urban Greening. 2019. Vol. 43, 126369.

192. Wilson C. J., Backe K. M., Just M. G., Lahr E. C., Nagle A. M., Long L. C., ... & Frank S. D. Tree species richness around urban red maples reduces pest density but does not enhance biological control. Urban Forestry & Urban Greening. 2023. Vol. 88, 128093.

193. Yusypiva T., Miasoid H. The state of bio-ecological characteristics of the one-year shoot of *Robinia pseudoacacia* L. under the conditions of industrial pollution. Ekológia (Bratislava). 2019. Vol. 38. No. 3. P. 240–252.

194. Zemek R., Pastirčáková K. Pests and pathogens of urban trees. Forests. 2023. Vol. 14 (8). P. 1653. <https://doi.org/10.3390/f14081653>

195. Zhu J., Xu C. Intraspecific differences in plant functional traits are related to urban atmospheric particulate matter. *BMC Plant Biology*. 2021. Vol. 21. P. 1–12.
196. Zibtseva O. Biodiversity of woody plants on the territory of the town hospital. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 2023. Vol. 71(6). P. 341–351. <https://doi.org/10.11118/actaun.2023.024>
197. Zibtseva O. Tree Species Biodiversity in Small Ukrainian Towns. *Ekológia (Bratislava)*. 2022. Vol.41(2). P. 161–171. <https://doi.org/10.2478/eko-2022-0017>.
198. Zibtseva O. Tree species diversity in two small cities of Kyiv region, Ukraine. *AgroLife Scientific Journal*. 2021. Vol. 10(2). P. 218–227

ДОДАТКИ
Додаток А
СПИСОК ПРАЦЬ ЗДОБУВАЧА, В ЯКИХ ОПУБЛІКОВАНІ ОСНОВНІ НАУКОВІ
РЕЗУЛЬТАТИ ДИСЕРТАЦІЙНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

У фахових виданнях:

1. Орловський О.В. Індикація екологічних умов за складом дендрофлори у різних зонах Прирічкового парку м. Полтава. Біологія та екологія. 2024. Т.10. №1. С. 32–40.
2. Орловський О.В. Різноманіття дендрофлори парків і вулиць Полтави в умовах антропогенного навантаження. Біорізноманіття, екологія та експериментальна біологія, 2024, Том 26, №1. С. 88–98.
3. Орловський О.В., Дерев'янку Т.В. Санітарний стан дерев під різним антропогенним впливом у насадженнях Полтави. Біологія та екологія. 2024. Т.10. №2. С. 80–88.

Публікації, які засвідчують апробацію результатів дисертації
(матеріали та тези конференцій):

4. Орловський О.В. Систематичний аналіз декоративних сортів та форм дерев в озелененні вулиць м. Полтава. Сьома міжнародна конференція молодих учених «Харківський природничий форум». (16-17 травня 2024 р.): збірник наукових праць. Харків: ХНПУ імені Г. С. Сковороди, 2024. С. 99–100.
5. Орловський О.В. Поширеність і показники стану окремих видів дендрофлори м. Полтави. «Наукові читання імені В.М. Виноградова»: Матеріали VI-ої Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти та молодих учених. 23–24 травня 2024 року. Херсон: 2024. С.76–78.
6. Орловський О.В., Коваль І.М. Дендроіндикація гіркокаштана звичайного в зелених насадженнях м. Полтава. Лісовирощування: історична та інноваційна діяльність у галузі лісового господарства [електронне видання] :збірник матеріалів II Всеукраїнської науково-практичної конференції до 205-річчя з дня народження В. Є. фон Граффа, м. Овруч-Малин, 08 листопада 2024 року. Малин : Малинський фаховий коледж. Видавництво : МФК, 2024. С.122–124.
7. Дерев'янку Т.В., Орловський О.В. Моніторинг стану дерев в урбоценозах м. Полтава. Колесніковські читання : матеріали Всеукр. наук.-практ. конф., Харків, 19 листоп. 2024 р. / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова, Луганськ. нац. ун-т ім. Т. Шевченка, Дніпровськ. держ. аграр.-екон. ун-т [та ін. ; редкол.: Н. О. Олексійченко, У. М. Соколенко, М. О. Подольхова]. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2024. С.37–39. ISBN 978-966-695-613-5
8. Орловський О.В. Дерев'янку Т.В., Реакція дерев на забруднення повітря викидами транспорту у м. Полтава. Рослини та урбанізація: Матеріали XIV Міжнародної науково-практичної конференції (Дніпро, 3 лютого 2025 р.). Дніпро, 2025. С. 131–134.

Додаток Б
Динаміка індексів радіального приросту гіркокаштана звичайного та метеорологічних показників за 1973–2023 рр.

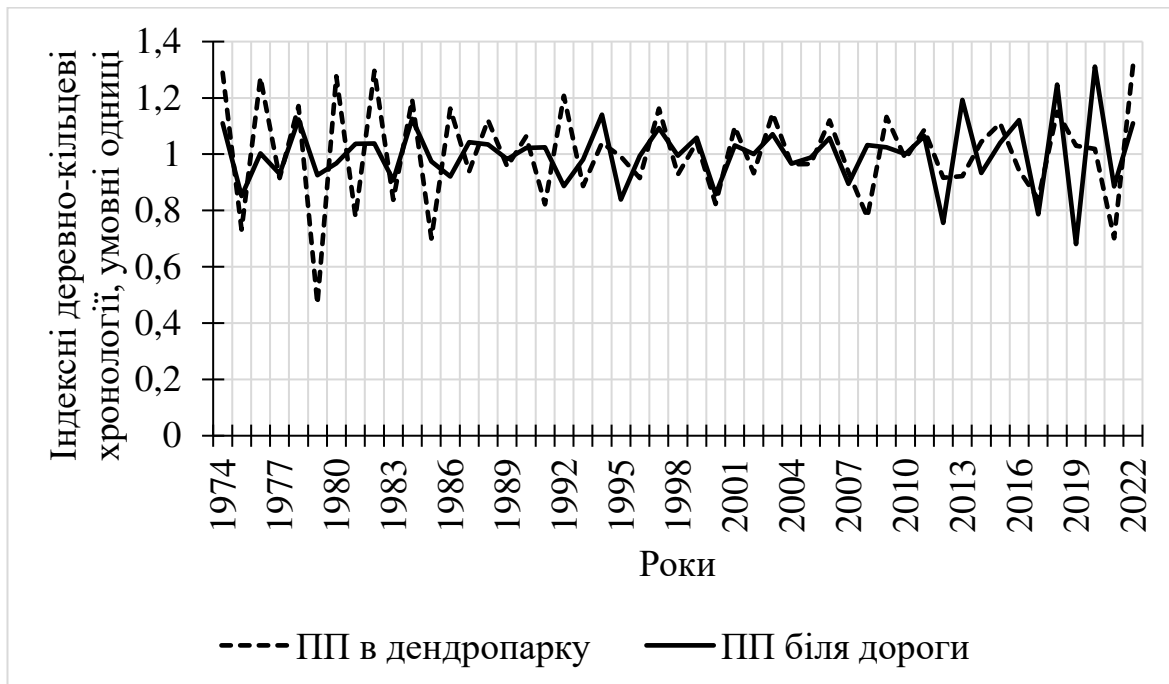


Рис. Б.1. Динаміка індексів радіального приросту гіркокаштана звичайного у насадженнях із відсутністю та наявністю впливу викидів транспорту (Полтава)

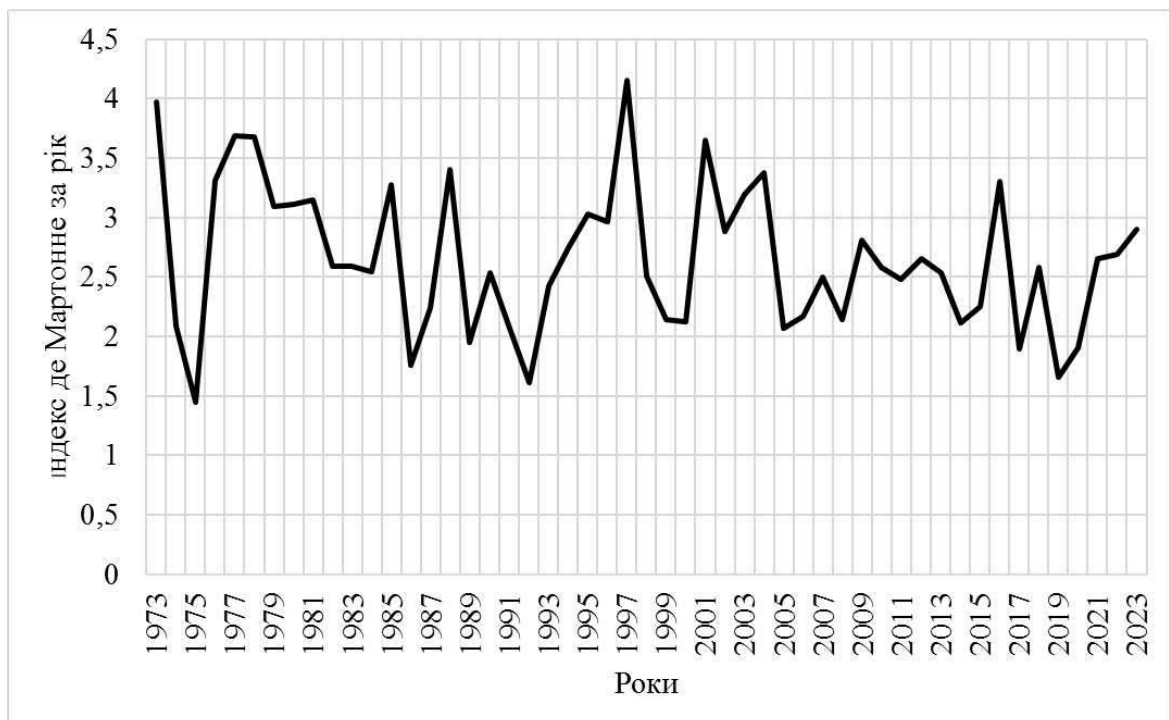


Рис. Б.2. Динаміка індексу де Мартонне за рік (метеостанція Полтава)

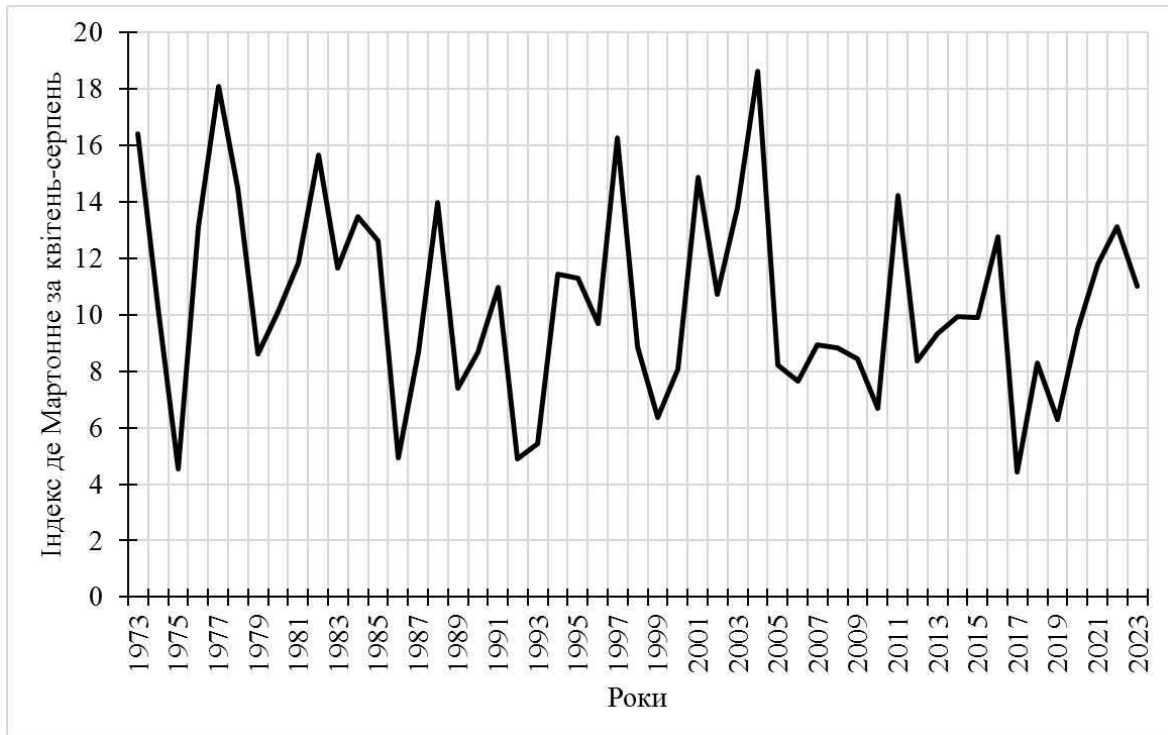


Рис. Б.3. Динаміка індексу де Мартонне за квітень-серпень (метеостанція Полтава)

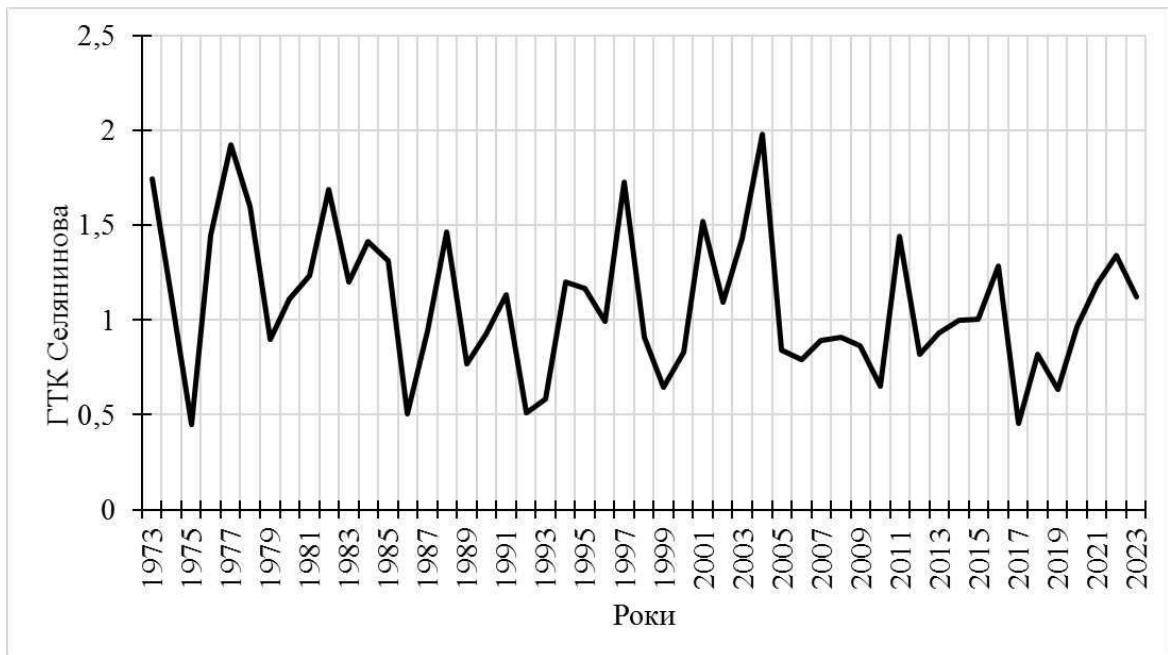
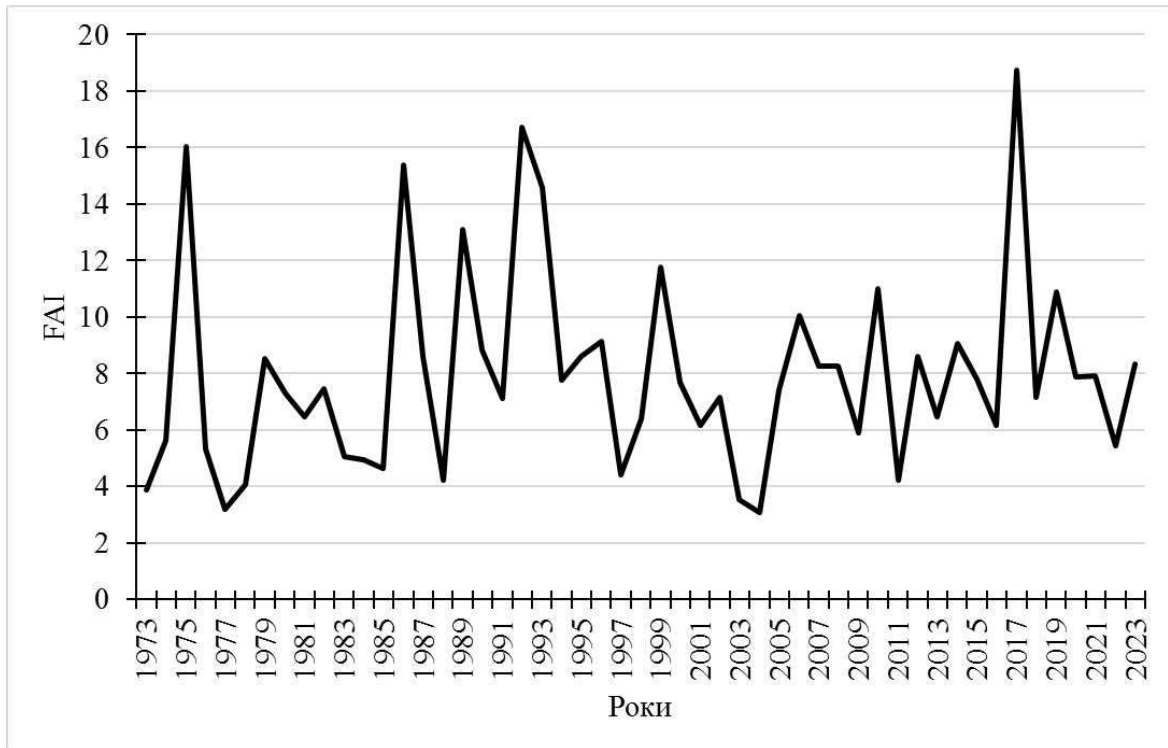


Рис. Б.4. Динаміка гідротермічного коефіцієнта (ГТК) Г.Т. Селянинова (метеостанція Полтава)



Б.5. Динаміка індексу FAI (Forest aridity index) (метеостанція Полтава)

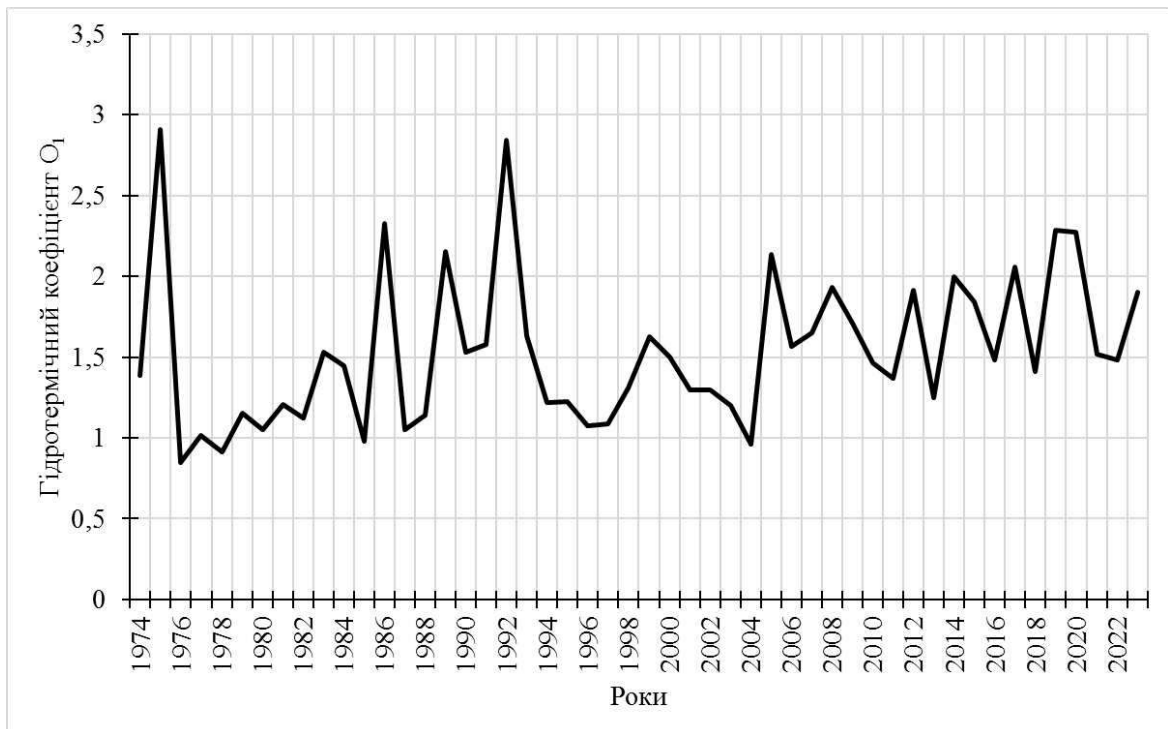


Рис. Б.6. Динаміка гідротермічного коефіцієнта O₁ (метеостанція Полтава)

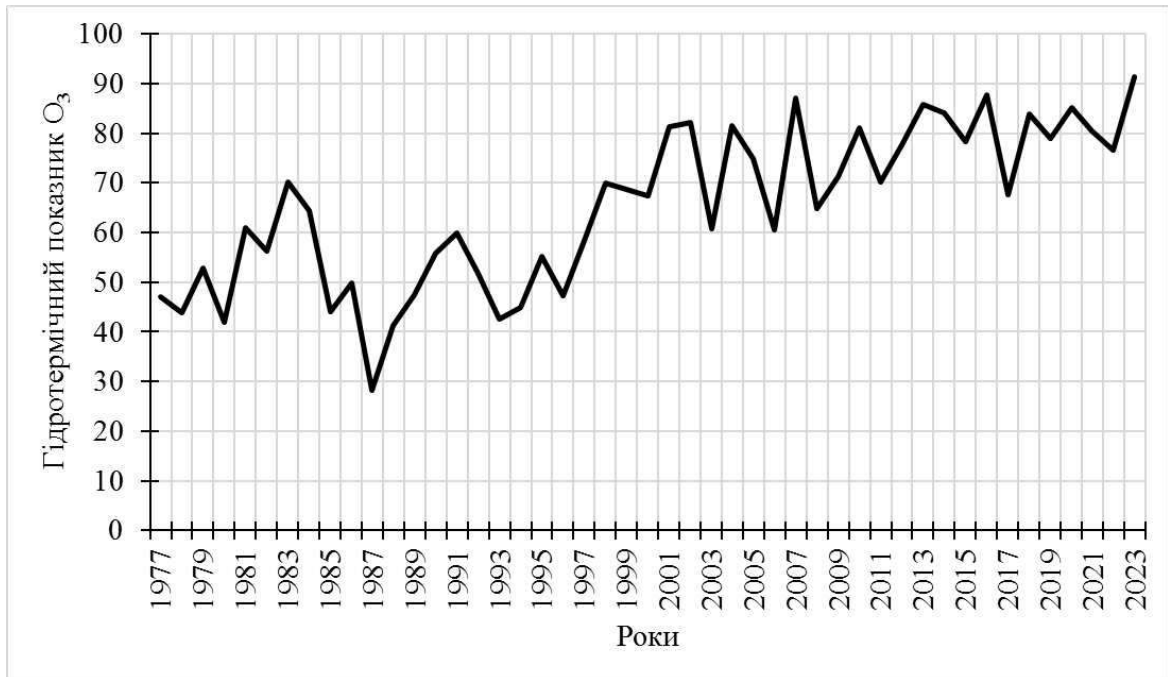


Рис. Б.7. Динаміка гідротермічного коефіцієнта O₃ (метеостанція Полтава)