

UDC 711.57:712.4](477.85-25]:502/504

DOI: 10.58407/bht.1.26.2



Copyright (c) 2026 Iryna Myshiliuk, Alina Zhuk

Ця робота ліцензується відповідно до [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) / This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Ірина Мишілюк, Аліна Жук

ВИДОВА СТРУКТУРА ДЕНДРОФЛОРИ ЗАКЛАДІВ ДОШКІЛЬНОЇ ОСВІТИ МІСТА ЧЕРНІВЦІ ЯК ЧИННИК ФОРМУВАННЯ ЕКОСИСТЕМНИХ ПОСЛУГ



Iryna Myshiliuk, Alina Zhuk

SPECIES COMPOSITION OF THE DENDROFLORA IN PRESCHOOL EDUCATIONAL INSTITUTIONS IN CHERNIVTSI CITY AS A DRIVER OF ECOSYSTEM SERVICES

АНОТАЦІЯ

Мета роботи. Інвентаризація деревних насаджень закладів дошкільної освіти (ЗДО) міста Чернівці та аналіз впливу видової структури й стану дендрофлори на потенціал надання регулювальних екосистемних послуг у межах різних планувальних рішень озеленення.

Методологія. Проведено інвентаризацію зелених насаджень із формуванням геопросторової бази даних. Здійснено таксономічний і структурний аналіз, оцінку санітарного стану дерев. Статистичний аналіз та візуалізацію виконано у середовищі Rstudio. Моделювання обсягів депонування вуглецю, перехоплення зливових опадів та очищення повітря, а також їх монетарну оцінку проведено за алгоритмами моделі i-Tree Eco.

Наукова новизна. Вперше сформовано верифікований геопросторовий реєстр дендрофлори ЗДО м. Чернівці, що створює основу для системного моніторингу та прийняття науково обґрунтованих рішень у сфері озеленення. Проаналізовано зелені насадження обмеженого користування, що залишаються малодослідженими, порівняно з іншими категоріями зеленої інфраструктури міста. Розширено уявлення про їх роль у формуванні регулювального потенціалу урбоекосистеми та аргументовано, що екологічна ефективність визначається не лише кількісними параметрами фітомаси, а й структурно-функціональною організацією насаджень.

Висновки. Встановлено, що дендрофлора 41 ЗДО (3527 екземплярів) характеризується високим видовим різноманіттям (67 видів), проте значною кількісною нерівномірністю: 47,1 % загальної кількості формують лише чотири види – *Thuja occidentalis*, *Betula pendula*, *Picea abies*, *Prunus cerasus*. Кількісний аналіз ефективності різних типів озеленення підтвердив наявність екосистемних компромісів. Декоративні хвойні насадження забезпечують максимальне кумулятивне депонування вуглецю (138 т CO₂-екв.), але мають найнижчу вартість екосистемних послуг в розрахунку на одне дерево. Плодові насадження демонструють найвищу індивідуальну продуктивність та кращий гідрологічний ефект (2,58 м³/дерево). Обґрунтовано необхідність створення структурно неоднорідних насаджень для забезпечення сезонної стабільності регулювальних екосистемних послуг.

Ключові слова: зелені насадження дошкільних закладів, регулювальні послуги, інвентаризація, деревні породи, м. Чернівці

ABSTRACT

Purpose of the work. An inventory of woody plantings in preschool educational institutions (PEIs) in Chernivtsi city and an assessment of how species composition and dendroflora condition affect the capacity to deliver regulating ecosystem services across different green space planning configurations.

Methodology. A tree inventory was conducted to build a geospatial database. Taxonomic and structural analyses were performed, and tree vitality was assessed. Statistical processing and visualization were carried out in RStudio. Carbon sequestration, stormwater interception, and air purification, including their monetary valuation, were modeled using i-Tree Eco algorithms.

Scientific novelty. For the first time, a verified geospatial registry of dendroflora in PEIs of Chernivtsi has been developed, providing a foundation for systematic monitoring and evidence-based decision-making in urban greening. This study analyzes restricted-use green spaces, which remain under-researched relative to other categories of urban green infrastructure. It expands current understanding of their role in shaping the regulating potential of the urban ecosystem and substantiates that ecological efficiency is determined not only by quantitative phytomass parameters but also by the structural and functional organization of the plantings.

Conclusions. The study reveals that while the dendroflora of 41 PEIs (3527 specimens) exhibits high species richness (67 species), it suffers from significant quantitative unevenness: 47.1 % of the total tree stock is dominated by only four species – *Thuja occidentalis*, *Betula pendula*, *Picea abies*, and *Prunus cerasus*. Quantitative analysis of various landscaping configurations confirms the presence of ecosystem trade-offs. Ornamental coniferous plantings provide the maximum cumulative carbon sequestration (138 t CO₂-eq.) but yield the lowest economic value per individual tree. Conversely, fruit tree plantings demonstrate the highest individual productivity and superior hydrological benefits (2.58 m³ per tree). These findings substantiate the need to develop structurally heterogeneous plantings that integrate both deciduous and evergreen species to ensure the seasonal stability of regulating ecosystem services.

Key words: preschool green spaces, regulating services, tree inventory, woody species, Chernivtsi city

Вступ

Зелену інфраструктуру міст світова наукова спільнота розглядає як визначальний елемент адаптації урбанізованих територій до кліматичних змін і забезпечення комфортного середовища життєдіяльності (Gill et al., 2007; Kucheryavuj et al., 2025). У сучасній урбоекології ефективність функціонування зелених зон операціоналізується через концепцію екосистемних послуг, які слугують інтегральним показником якості міського середовища (de Manuel et al., 2021; Vasutynska, 2021; Stange et al., 2022; Miroshnyuk, 2023). Деревні рослини в місті виконують насамперед регульовальні функції: формування мікроклімату, депонування вуглецю, перехоплення атмосферних опадів, абсорбцію поллютантів, зниження рівня шуму тощо. Однак ефективність виконання цих функцій не є константою, а напряду корелює з видовою структурою насаджень, їх фізіологічними параметрами, віком, станом (Salmond et al., 2016; Francini et al., 2021; Liang & Huang, 2023).

З-поміж усіх категорій зелених насаджень обмеженого користування території закладів дошкільної освіти (ЗДО) займають особливе місце, адже формують відкриті простори тривалого перебування найвразливішої групи населення – дітей. Відтак, вимоги до цих зелених зон виходять за межі суто естетичних. Пріоритетними стають санітарно-гігієнічні властивості (бар'єрна функція, фітонцидна активність) та безпека (відсутність алергенних, травмонебезпечних і отруйних видів, аварійних дерев). Водночас озеленення передбачає створення сприятливих умов для всебічного розвитку дітей та підвищення якості освітнього середовища. Проте, на відміну від паркових зон, дендрофлора ЗДО часто формувалася стихійно або за застарілими нормативами (Mулнікова et al., 2025), що породжує наукову проблему

невідповідності існуючих насаджень екологічним викликам сьогодення. Активні урбанізаційні процеси й обмеженість зелених зон обумовлюють важливість обліку існуючих насаджень на територіях ЗДО та необхідність формування наукового підґрунтя для їхньої оптимізації.

Попри значний масив праць українських науковців, присвячених дослідженню озеленення освітніх закладів, більшість із них фокусується на педагогічному аспекті (Voiko et al., 2021; Maksymova, 2025) або загальному благоустрої (Kosyuk & Andriienko, 2020; Omelianova & Strelchuk 2021; Dementieva et al., 2023). Питання взаємозв'язку видової структури та стану насаджень на територіях ЗДО з потенціалом надання екосистемних послуг залишається недостатньо вивченим.

Відповідно до даних Чернівецького міського управління освіти, оприлюднених станом на грудень 2025 року на офіційному вебресурсі (<https://osvita.cv.ua/navchalni-zaklady/zaklady-doshkilnoj-osvity/>), у місті Чернівці функціонує 59 закладів дошкільної освіти. Зазначена мережа характеризується неоднорідністю за організаційно-правовим статусом і включає як самостійні комунальні заклади, так і дошкільні підрозділи, що структурно входять до складу закладів загальної середньої освіти, а також установи приватної форми власності.

Зазначена кількість і різноманітність ЗДО зумовлюють значну варіабельність площ, планувальної структури та характеру озеленення їхніх територій. Це, своєю чергою, формує різні за складом і станом дендрофлористичні комплекси, котрі відрізняються функціональною роллю й екологічною ефективністю. У такому контексті актуалізується необхідність комплексної оцінки деревних насаджень ЗДО не лише з позицій кількісних і таксономічних показників, але й з урахуванням їхньої здатності

забезпечувати регульовальні екосистемні послуги.

З огляду на зазначене, мета дослідження полягала в інвентаризації деревних насаджень закладів дошкільної освіти міста Чернівці та аналізі впливу видової структури й стану дендрофлори на потенціал надання регульовальних екосистемних послуг у межах різних планувальних рішень озеленення.

Матеріали та методи дослідження

У зв'язку з безпековими обмеженнями воєнного стану та політикою окремих закладів щодо заборони відеофіксації, поетапну інвентаризацію зелених насаджень проведено на території 41 ЗДО з 59 наявних у м. Чернівці.

На етапі польових обстежень здійснено первинну ідентифікацію деревних і чагарникових рослин. Просторове розміщення насаджень задокументовано методом цифрової панорамної фотофіксації з охопленням 360° для повного уявлення про структуру озеленення кожного об'єкта.

На основі результатів вимірювання сантиметровою стрічкою обхвату на висоті 1,3 м від рівня ґрунту для кожного екземпляру обчислено діаметр стовбура за формулою: $D = L / \pi$, де D – діаметр; L – обхват стовбура на висоті 1,3 м; π – 3,14. Висоту виміряно із застосуванням додатка Trees V 5.0 на платформі Android. Вік дерев з'ясовано в адміністрації ЗВО або, за відсутності документальних даних, оцінено орієнтовно, за допомогою емпіричної формули: $L = K \times C$, де L – вік дерева, K – видоспецифічний коефіцієнт корекції, а C – обхват стовбура на висоті 1,3 м.

Стан насаджень визначено візуально за комплексом морфологічних ознак (розвиток крони, наявність хвороб, шкідників та механічних пошкоджень) відповідно до нормативної 3-бальної шкали (State Committee for Construction, Architecture and Housing Policy of Ukraine, 2001): 1 – добрий, 2 – задовільний, 3 – поганий стан.

Просторово-атрибутивні дані про кожне дерево та кущ були внесені до геоінформаційної бази з використанням авторського програмного засобу CVTREES. У такий спосіб сформовано верифікований геопросторовий реєстр насаджень, придатний для інтеграції з ГІС-порталом міста та комплексного статистичного опрацювання.

Статистичне опрацювання даних та візуалізацію результатів виконано з використанням мови програмування R (версія 4.3.0) у середовищі RStudio. Для імпорту даних, їх очищення та агрегації використовувалися пакети екосистеми tidyverse, зокрема readxl для зчитування таблиць первинних даних та dplyr для маніпуляцій з даними. Візуалізацію результатів виконано засобами пакету ggplot2.

Кількісну й монетарну оцінку потенціалу екосистемних послуг зелених насаджень проведено з використанням застосунку i-Tree MyTree (v. 2.0), який базується на алгоритмах моделі i-Tree Eco, розробленої Лісовою службою Міністерства сільського господарства США (USDA Forest Service). Методика розрахунків базується на використанні алометричних рівнянь, які встановлюють статистичний зв'язок між морфометричними параметрами дерева та його біомасою із урахуванням видових коефіцієнтів. Монетарні показники екосистемних послуг наведено в доларах США з метою забезпечення порівнюваності результатів та уникнення впливу коливань національної валюти.

Результати дослідження та обговорення

У ході інвентаризації деревних насаджень на територіях 41 ЗДО м. Чернівці виявлено 67 видів деревних і чагарникових рослин, представлених 3527 екземплярами. Таксономічна структура дендрофлори характеризується відносно високою різноманітністю й охоплює 47 родів, 22 родини, 14 порядків, 2 класи та 2 відділи. Відділ Pinophyta представлений класом Pinopsida, що включає види родин Pinaceae та Cupressaceae. Абсолютну більшість становлять представники відділу Magnoliophyta класу Magnoliopsida.

На рівні порядків провідне положення належить порядку Rosales: 20 видів, близько 30 % видового складу. Субдомінантами виступають Sapindales, Fagales та Pinales (по 8 видів кожен), які формують структурну основу насаджень і визначають їх середовищевий потенціал. Решта порядків представлені обмежено, від 1 до 5 видів кожен.

На рівні родин домінує Rosaceae, представлена 19 видами. Серед них переважають плодові культури (*Malus domestica* Borkh.,

Prunus cerasus L., *P. armeniaca* L., *Pyrus communis* L.), що свідчить про традиційний підхід до озеленення дитячих закладів, який поєднує декоративні й утилітарні функції. Значну частку становлять також декоративно-квітучі чагарники цієї родини (*Spiraea* sp., *Chaenomeles japonica* (Thunb.) Lindl. ex Spach, *Sorbus aucuparia* L.), які сприяють формуванню сенсорного та естетичного середовища, важливого для розвитку дітей.

Другу за чисельністю позицію посідає родина Sapindaceae (6 видів), яка включає головні тіньютворюючі дерева – представників родів *Acer* L. та *Aesculus* L. Родина Pinaceae представлена п'ятьма видами з родів *Larix* Mill., *Picea* Dietr. і *Pinus* L. Помітну роль у структурі насаджень відіграють також родини Salicaceae (*Populus* L., *Salix* L.), Betulaceae (*Alnus* Mill., *Betula* L., *Carpinus* L., *Corylus* L.) і Oleaceae (*Fraxinus* L., *Syringa* L., *Forsythia* Vahl) які характеризуються високою стійкістю до умов урбанізованого середовища та сприяють формуванню сприятливого мікроклімату на територіях закладів.

Родини *Malvaceae*, *Fagaceae*, *Cupressaceae* репрезентовані трьома видами кожна; *Viburnaceae*, *Magnoliaceae*, *Hydrangeaceae*, *Fabaceae* – двома. Лише по одному виду

представлено в родинях *Vitaceae*, *Simaroubaceae*, *Platanaceae*, *Paulowniaceae*, *Moraceae*, *Juglandaceae*, *Grossulariaceae*, *Bignoniaceae* й *Anacardiaceae*.

З точки зору походження, дендрофлора ЗДО сформована поєднанням аборигенних видів (*Tilia cordata* Mill., *Betula pendula* Roth, *Quercus robur* L., *Carpinus betulus* L.), які є стійкими до місцевих кліматичних умов, та численних інтродуцентів. Серед останніх виділяються як типові для міського озеленення види (*Thuja occidentalis* L., *Aesculus hippocastanum* L., *Juglans regia* L.), так і інвазійні: *Acer negundo* L., *Robinia pseudoacacia* L., *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle, *Rhus typhina* L. Їх наявність потребує контролю та поступової заміни на види з вищою декоративною й екологічною цінністю.

Кількість екземплярів на території ЗДО варіюється в широкому діапазоні від 11 до 189 залежно від розмірів ділянки та плану озеленення; кількість видів – від 6 до 28. На основі розрахунку внеску домінуючого виду виділено три групи насаджень (рис. 1). Виразним переважанням екземплярів виду характеризуються зелені зони дев'яти закладів.



Рис. 1. Співвідношення загальної кількості дерев і видового багатства ЗДО

Здебільшого це однопородні алейні насадження на основі *Betula pendula*, *Picea abies* або живоплоти з використанням *Thuja occidentalis*. Територія частини закладів (ЗДО № 38, ЗДО № 39) зберігає структуру традиційного плодового саду, де домінан-

тами виступають *Prunus cerasus* та *Malus domestica*. Найбільш численною виявилася група насаджень, де частка домінуючого виду становить 20–35 %, що відображає типову для міського середовища практику організації зелених просторів. Вона охоплює

19 ЗДО і характеризується значною диференціацією підходів до формування зелених зон.

Група насаджень без вираженого домінування якогось одного виду охоплює 13 ЗДО. Ці об'єкти демонструють ефективність використання простору із забезпеченням видового багатства й таксономічного різноманіття навіть за умови помірної загальної кількості дерев. Водночас відсутність чітко вираженого монодомінанта у ЗДО № 1 і ЗДО № 22 демонструє радше стихійний характер формування насаджень, що поєднують старовікові дерева з різноманітними молодими посадками.

Структура насаджень визначається не лише загальною кількістю дерев і рівнем видового багатства, а й участю окремих видів, які формують ядро дендрофлори більшості об'єктів. Такий розподіл не випадковий, а являє собою результат типізації проектних рішень минулих часів і сучасної тенденції до спрощення експлуатаційного догляду за насадженнями.

Встановлено 10 найпоширеніших деревних порід, які визначають просторову організацію та функціональні характеристики зелених зон ЗДО м. Чернівці (рис. 2). Найбільшою чисельністю вирізняються *Thuja occidentalis* і *Betula pendula*, виявлені на території 90 % об'єктів.

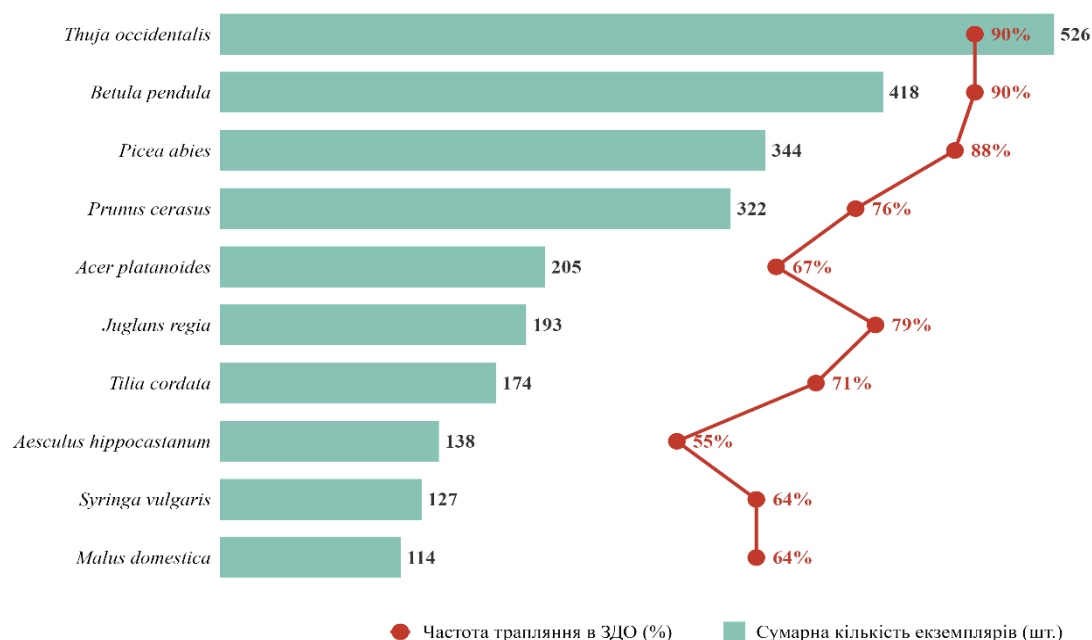


Рис. 2. Сумарна чисельність і частота трапляння домінантних деревних видів

Понад 300 екземплярів *Picea abies* і *Prunus cerasus* виявлено на території 88 % і 76 % закладів відповідно. Стійкий базовий асортимент деревних рослин зелених зон ЗДО у місті представлений обмеженою кількістю видів, серед яких *Acer platanoides* L., *Juglans regia* L., *Tilia cordata*, *Aesculus hippocastanum* L., *Syringa vulgaris* L., *Malus domestica*. Такий видовий склад вказує на збереження історично сформованого кістяка озеленення, характерного для насаджень радянського періоду. Зокрема, плодові дерева й досі складають майже третину домінуючого асортименту. Про типові підходи до створення зелених просторів освітніх закладів

свідчить близький до зафіксованого нами асортимент деревних порід, описаний для ЗДО у м. Дніпро (Mylnikova et al., 2025), м. Чернігів (Pototska, 2021), с. Степанівка Херсонської області (Dementieva et al., 2023).

Навіть у насадженнях із відносно високим видовим багатством спостерігається нерівномірний розподіл видів за чисельністю екземплярів. Значна частина дендрофлори представлена малочисельними видами, які зростають поодинокими або невеликими групами, що відображає як історію поетапного озеленення територій ЗДО, так і фрагментарний характер інтродукції окремих деревних рослин. *Aronia*

melanocarpa (Michx.) Elliott, *Chaenomeles japonica* (Thunb.) Lindl. ex Spach, *Cupressus sempervirens* L., *Deutzia scabra* Thunb., *Fagus sylvatica* L., *Liriodendron tulipifera* L., *Paulownia tomentosa* (Thunb.) Steud., *Platanus × acerifolia* (Aiton) Willd., *Prunus triloba* Lindl., *Ribes nigrum* L., *Spiraea* sp., *Tilia platyphyllos* Scop. представлені лише в одиничному екземплярі на території одного з закладів кожний. *Prunus tomentosa* Thunb., *Populus tremula* L., *Picea glauca* (Moench) Voss також виявлені у складі дендрофлори одного закладу кожний, проте в кількох екземплярах.

Аналіз спектра малочисельних видів (рис. 3) засвідчив, що їх частка у складі зелених зон більшості ЗДО не перевищує 20 %, однак на окремих об'єктах вона зростає до 30–40 %. Заклади з низьким видовим багатством зазвичай характеризуються або повною відсутністю, або мінімальною часткою малопоширених видів, що вказує на спрощену структуру насаджень і домінування обмеженого набору традиційних видів. Така структура потенційно знижує екологічну стійкість зелених насаджень і їхню функціональну багатокomпонентність.

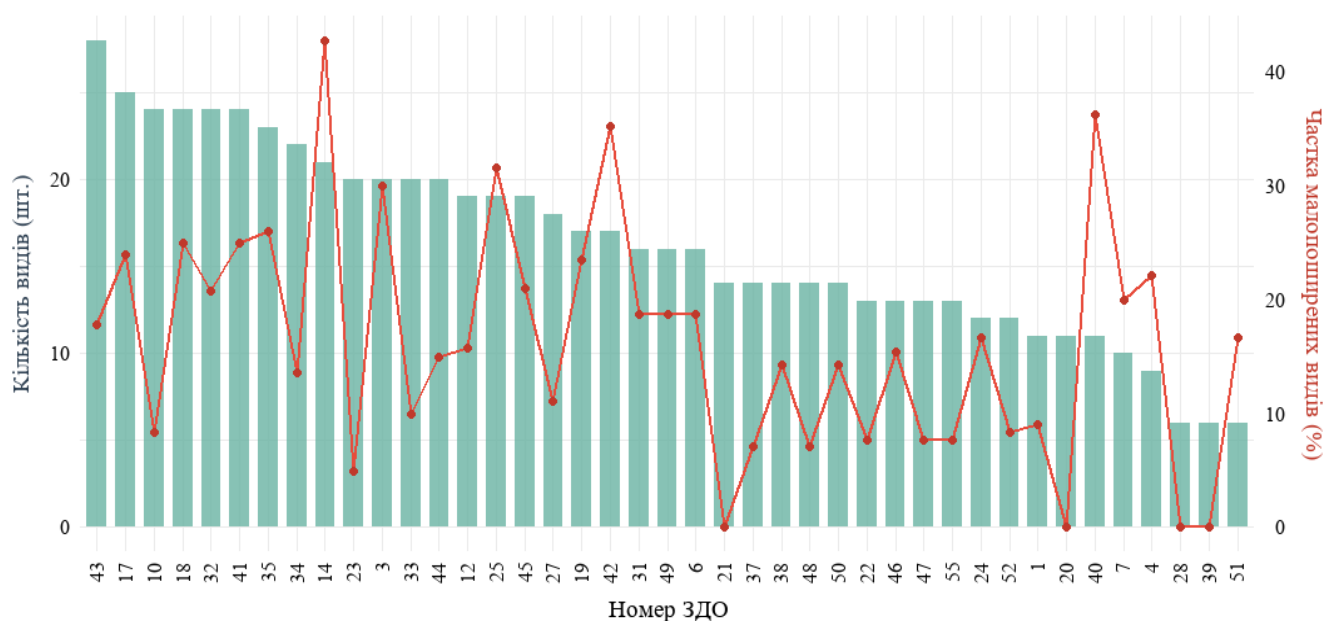


Рис. 3. Розподіл ЗДО за кількістю видів деревних рослин і часткою малопоширених видів. Стопівчики – загальна кількість видів; лінія тренду – частка видів, що трапляються рідко (< 20 % закладів)

Водночас відмічено локальне збагачення асортименту за рахунок декоративних інтродуцентів та екзотів, наприклад *Forsythia* spp., *Juniperus* spp., *Magnolia* spp., *Acer rubrum* L., *Catalpa bignonioides* Walter, *Hibiscus syriacus* L., *Prunus serrulata* Lindl., *Rosa odorata* (Andrews) Sweet, *Salix integra* Thunb., *Wisteria sinensis* (Sims) DC. Вибір цих та багатьох інших видів спрямований на поступову трансформацію територій ЗДО у інтерактивний навчально-виховний простір (Boiko et al., 2021; Maksymova, 2025; Montalvan Castilla et al., 2025; Zhu & Carter, 2025).

Наявність квітучих, декоративно-листяних видів і рослин із виразною архітектонікою крони сприяє формуванню візуально

привабливого, психологічно комфортного середовища, що позитивно впливає на здоров'я, емоційний стан дітей та розвиває їхнє естетичне сприйняття природи (Puhakka et al., 2019; Montalvan Castilla et al., 2025; Zhu & Carter, 2025). Однак наразі їх залучення до складу зелених відкритих просторів ЗДО м. Чернівці має несистемний характер, що виявляє відсутність єдиної концепції озеленення, де декоративність гармонійно поєднувалася б із екологічною стійкістю та функціональною ефективністю насаджень.

Санітарний стан дендрофлори ЗДО м. Чернівці за результатами інвентаризації загалом оцінюється як добрий. До цієї категорії віднесено 86,6 % (понад 3000 екземплярів)

обстежених дерев, що відображає належний рівень догляду та підтримання зелених насаджень. Однак окремі види виявляють підвищену вразливість із різних причин (рис. 4). Навіть у межах домінуючого та базового асортименту зелених насаджень ЗДО значна частка дерев перебуває у стані функціонального ослаблення.

Зокрема, частка екземплярів *Aesculus hippocastanum* у задовільному та поганому стані сягає 54 %. Така тенденція узгоджується з результатами наших попередніх досліджень вуличних насаджень історичної частини міста, де на окремих вулицях усі зафіксовані дерева

цього виду перебували в незадовільному стані (Zhuk & Myshiliuk, 2025). Спільним лімітуючим чинником в обох випадках виступає ураження каштановою мінуючою міллю (*Cameraria ohridella* Deschka & Dimic, 1986), що спричиняє передчасну дефоліацію та виснаження дерев. Водночас той факт, що у ЗДО майже половина каштанів зберігає добрий стан, на відміну від вуличних посадок, вказує на синергичний ефект шкідника та урбаністичного навантаження. Менша загазованість і відсутність засолення ґрунтів у межах ЗДО, ймовірно, сприяють тривалішій опірності біотичному стресу.

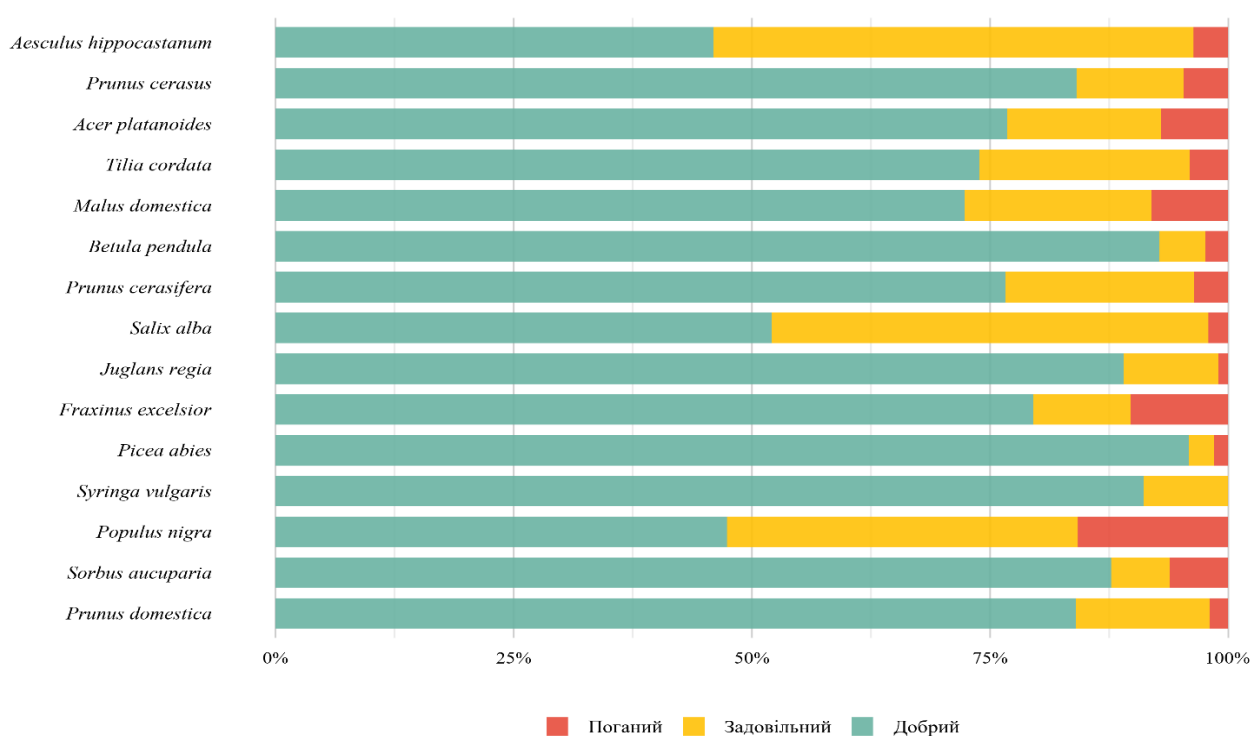


Рис. 4. Розподіл за категоріями життєвого стану видів з найбільшою часткою ослаблених дерев у насадженнях ЗДО

Окрему групу ризику формують види, численні екземпляри яких досягли сеньної стадії. Насамперед, це *Populus nigra* та *Salix alba*, у яких частка ослаблених екземплярів сягає близько 50 %, а також окремі представники родини Rosaceae (*Prunus cerasus*, *P. cerasifera*, *P. domestica*, *Malus domestica*), зниження стійкості яких пов'язане з природним старінням насаджень і, ймовірно, відсутністю належного агротехнічного захисту від фітопатогенів.

Наявність дерев *Acer platanoides*, *Tilia cordata*, *Betula pendula*, *Sorbus aucuparia* L., *Juglans regia* у поганому стані має, як правило,

локальний характер, однак впливає на загальну оцінку їхньої функціональної надійності. *Picea abies* та *Syringa vulgaris* характеризуються відносно високою часткою дерев у доброму стані.

В окремих закладах виявлені ознаки видалення сухостою, викорчовування старих, хворих та аварійних дерев. Пні в сумарній кількості 10 штук були зафіксовані у шести закладах.

У ході інвентаризації виявлено потенційний просторовий ресурс для проведення ремонтних посадок та реконструкції насаджень. Першочерговим резервом для озеле-

нення є локації, на яких зафіксовано пні та місця, підготовлені для посадки. Наприклад, у ЗДО № 10 вже зарезервовано місця для посадки *Quercus robur* L. і *Acer japonicum* Thunb.; у ЗДО № 43 – *Pinus mugo* Turra; у ЗДО № 50 – *Picea abies*, *P. glauca*, *Pinus sylvestris* і *Q. robur*. Сумарна кількість місць під посадку нових дерев становить 43, із них 24 підготовлено на території ЗДО № 27.

Другим етапом реновації має стати заміна дерев у поганому стані. Найбільша кількість посадкових місць (понад 50) звільниться після видалення аварійних екземплярів *Prunus cerasus*, *Malus domestica* та *Acer platanoides*. Загальний потенціал для

нових насаджень без розширення площі зелених зон становить близько 110 дерев.

Ефективне використання цього просторового ресурсу вимагає розуміння особливостей впливу видового складу та структури насаджень на їхню функціональну ефективність. Для обґрунтування доцільності певних типів озеленення проаналізовано залежність між дендрологічною структурою й обсягом окремих екосистемних послуг.

Як модельні об'єкти обрано заклади з контрастними характеристиками насаджень (табл. 1), що ілюструють озеленення з високим видовим багатством, високою часткою плодкових дерев, а також вираженим домінуванням декоративних хвойних порід.

Таблиця 1

Порівняльна характеристика потенціалу регулювальних екосистемних послуг у ЗДО з різними типами озеленення

Показник	ЗДО № 43	ЗДО № 39	ЗДО № 49
Структурні характеристики насаджень			
Загальна кількість дерев, шт.	127	40	184
Кількість видів, шт.	28	6	16
Домінуючий вид	<i>Picea abies</i>	<i>Prunus cerasus</i>	<i>Thuja occidentalis</i>
Частка домінуючого виду, %	13	43	54
Тип озеленення	багатовидовий	фруктовий сад	декоративний хвойний
Екосистемні послуги за рік			
Загальна секвестрація вуглецю, кг CO ₂ -екв.	3867,51	1104,55	4264,69
Питома секвестрація вуглецю, кг CO ₂ -екв./дерево	30,45	27,61	23,18
Вартість поглинання CO ₂ , дол. США	503,11	143,69	554,8
Загальне перехоплення атмосферних опадів, м ³	291,36	103,25	323,22
Питоме перехоплення атмосферних опадів, м ³ /дерево	2,29	2,58	1,76
Зменшення поверхневого стоку, м ³	16,43	5,82	18,22
Вартість регуляції стоку, дол. США	38,78	13,74	43,02
Загальне очищення повітря, кг	36,57	12,67	39,71
Питоме очищення повітря, кг/дерево	0,29	0,32	0,22
Вартість очищення повітря, дол. США	56,05	19,41	60,84
Сумарна вартість екосистемних послуг, дол. США	597,92	176,84	658,66
Питома сумарна вартість екосистемних послуг, дол. США/дерево	4,7	4,4	3,6
Кумулятивні показники			
Запаси вуглецю в біомасі, т CO ₂ -екв.	130,68	39,08	138,01
Кумулятивна вартість депонування вуглецю, дол. США	17001,56	5084,66	17954,1

Аналіз отриманих даних демонструє, що структурна організація зеленої зони ЗДО № 43 багатовидового типу забезпечує збалансоване надання окремих регулювальних екосистемних послуг. Зокрема, відмічено високий рівень секвестрації вуглецю (~ 3,9 т CO₂-екв./рік) та об'єм перехоплення атмосферних опадів (~ 291 м³/рік). Отримані результати узгоджуються з твердженням про підвищену функціональну стійкість різновікових і різновидових насаджень, які здатні компенсувати зниження активності окремих компонентів за рахунок структурної різноманітності (Jovanović et al., 2025). Сумарна річна вартість наведених регулювальних послуг насадження оцінюється в ~ 598 дол. США, а кумулятивна вартість лише однієї послуги депонування вуглецю ~ 17 000 дол. США.

Маловидове фруктове насадження ЗДО № 39, сформоване переважно з *Prunus cerasus* (43 % від загальної кількості дерев), за абсолютними показниками екосистемних послуг очікувано поступилося більшим об'єктам через незначну кількість дерев. Зокрема, загальна секвестрація вуглецю склала ~ 1,1 т CO₂-екв./рік, а перехоплення опадів – ~ 103 м³/рік.

Однак аналіз питомої ефективності виявив приховану перевагу цього типу озеленення. У перерахунку на один структурний елемент саме цей об'єкт продемонстрував найвищі результати серед досліджуваних насаджень. Питоме очищення повітря сягнуло ~ 0,32 кг/дерево, що на 10–45 % перевищує відповідні показники решти насаджень.

Такий результат, імовірно, зумовлений морфофізіологією роду *Prunus* L. Шорстка поверхня та зубчастий край листя створюють мікротурбулентність, що сприяє кращому осадженню дрібнодисперсних часток порівняно з гладкою хвоєю або листям деяких декоративних порід (Sæbø et al., 2012). Максимальне значення також було зафіксоване для показника перехоплення атмосферних опадів, який становить 2,58 м³/дерево.

Отже, хоча сумарна монетизація послуг цього насадження найнижча серед порівнюваних (~ 177 дол. США/рік), воно ефективно виконує проєктовану санітарно-гігієнічну функцію, працюючи як ефективний біофільтр на локальному рівні.

Насадження декоративного хвойного типу ЗДО № 49, де частка *Thuja occidentalis* становить 54 %, продемонструвало найвищу сумарну річну вартість екосистемних послуг – ~ 659 дол. США/рік. Насадження забезпечує максимальні обсяги секвестрації вуглецю (~ 4,3 т CO₂-екв./рік), ефективне зменшення поверхневого стоку (18,22 м³/рік) і найвищі показники очищення повітря (39,71 кг/рік). Це вірогідно пояснюється високою щільністю посадки та вічнозеленими листям, що забезпечує цілорічний потенціал перехоплення аерополутантів та атмосферних опадів.

На відміну від листопадних видів, які втрачають цю здатність у зимовий період, насадження *Thuja occidentalis* продовжують виконувати бар'єрну функцію, осаджуючи тверді частки на поверхні хвої (Sæbø et al., 2012). Наявність функціонально активного асиміляційного апарату протягом року також сприяє подовженню періоду секвестрації вуглецю, оскільки вічнозелені види можуть підтримувати фотосинтетичну активність за сприятливих світлових і температурних умов ранньої весни та пізньої осені (Pallardy, 2008). Високий кумулятивний запас вуглецю в біомасі (~ 138 т CO₂-екв.) свідчить про значний довгостроковий внесок у регуляцію вуглецевого балансу міського середовища.

Однак, попри лідерство за валовими показниками, питома ефективність окремих дерев у декоративному хвойному насадженні виявилася найнижчою серед досліджуваних об'єктів (3,6 дол. США/дерево).

Аналіз отриманих результатів крізь призму теорії компромісів екосистемних послуг (Rodríguez et al., 2006) виявив диференціацію підходів до формування екологічної ефективності насаджень спеціального користування на території освітніх закладів.

Зафіксовано просторовий компроміс між валовим обсягом послуг та їх питомою ефективністю. Декоративне хвойне насадження ЗДО № 49 реалізує підхід, орієнтований на максимізацію біомаси. Воно забезпечує найвищі сумарні показники депонування вуглецю (~ 138 т CO₂-екв.) завдяки значній кількості дерев (184 шт.). Однак це досягається ціною зниження індивідуальної продуктивності, що підтверджується найнижчою питомою вартістю послуг (3,6 дол. США/дерево). Це свідчення того, що в густих монокультурах визначальним є ефект

масштабу, а не індивідуальна продуктивність. Натомість плодове насадження ЗДО № 39 демонструє вищу індивідуальну функціональну віддачу (4,4 дол. США/дерево) за меншої кількості екземплярів, що вказує на ефективність використання просторового ресурсу.

На рівні гідрологічного регулювання простежується морфологічний компроміс, зумовлений архітектонікою рослин. Питоме перехоплення опадів для *Prunus cerasus* (2,58 м³/дерево) суттєво перевищує показник *Thuja occidentalis* (1,76 м³/дерево). Це узгоджується з літературними даними про те, що компактна пірамідальна крона хвойних є менш ефективною пасткою для опадів порівняно з розлогою кроною листяних порід, яка максимізує площу горизонтальної проєкції (Xiao et al., 2000).

Функціональна диференціація розглянутих типів озеленення ілюструє також темпоральний компроміс. Листяні насадження забезпечують високий рівень регульовальних процесів у вегетаційний період, тоді як хвойні види підтримують тривале виконання бар'єрних і депонуючих функцій, компенсуючи сезонні паузи листяних порід (Sæbø et al., 2012).

Таким чином, результати дослідження підтверджують, що екосистемна ефективність озеленення територій ЗДО детермінується не лише кількісними параметрами насаджень, а передусім видовою структурою та характером домінування. Розуміння виявлених екосистемних компромісів обґрунтовує доцільність переходу від стихійно сформованих або монофункціональних насаджень до структурно різноманітних типів озеленення.

Підхід передбачає цілеспрямоване поєднання видів із різною архітектонікою крон та феноритмікою розвитку, що дозволяє гармонізувати максимізацію регульовальних послуг із жорсткими вимогами безпеки та санітарно-гігієнічної якості освітнього середовища, забезпечуючи стабільність функціонування зеленої інфраструктури протягом усього року.

Висновки

За результатами інвентаризації насаджень 41 ЗДО м. Чернівці сформовано верифікований геопросторовий реєстр, що містить 3527 дерев і чагарників 67 видів. Основу

насаджень формують представники родин Rosaceae, Sapindaceae та Pinaceae.

Дендрофлора ЗДО сформована поєднанням стійких аборигенних видів та широкого спектру інтродуцентів. Ядро складають чотири види, на які припадає майже половина загальної кількості дерев: *Thuja occidentalis* (14,9%), *Betula pendula* (11,6%), *Picea abies* (10,6%) і *Prunus cerasus* (9,7%), що свідчить про значну уніфікацію видового складу насаджень.

Виявлено структурну неоднорідність зелених зон ЗДО. Виділено три типи насаджень. Монодомінантні представлені переважно алейними посадками *Betula pendula* і живоплотами з *Thuja occidentalis*. Найчисельнішу групу складають насадження з помірним домінуванням. Решту віднесено до полідомінантних комплексів без вираженого домінанта. Встановлено найпоширеніші види, які формують просторовий каркас територій, – *Thuja occidentalis* (трапляється у 90% закладів) і *Picea abies* (88%)

Санітарний стан дендрофлори загалом оцінено як добрий (86,6% здорових дерев), що вказує на належний рівень догляду. Однак ідентифіковано вразливість окремих видів. Зокрема, понад 50% екземплярів *Aesculus hippocastanum* перебувають у ослабленому стані через ураження *Cameraria ohridella*, що знижує їхню функціональну цінність і естетичну привабливість. До групи ризику також віднесено сенільні екземпляри *Populus nigra* й *Salix alba*, які потребують заміни з міркувань безпеки.

Порівняльний аналіз трьох контрастних типів озеленення показав, що екосистемна ефективність визначається не лише кількістю дерев, а передусім видовою структурою та характером домінування. Багатовидові насадження забезпечують вищі сумарні показники регульовальних послуг, тоді як маловидові фруктові насадження демонструють найвищу питому ефективність очищення повітря й перехоплення опадів.

Обґрунтовано необхідність переходу від монофункціональних і безсистемних зелених зон до створення структурно неоднорідних насаджень. Рекомендовано впровадження практики, що базується на часовому компромісі поєднання листяних порід для максимізації санітарно-гігієнічних послуг у вегетаційний період із хвойними для підтримання бар'єрних функцій протягом року.

Фінансування / Funding

Це дослідження не отримало зовнішнього фінансування / This research received no external funding.

Заява про доступність даних / Data Availability Statement

Набір даних доступний за запитом до авторів / Dataset available on request from the authors.

Заява інституційної ревізійної ради / Institutional Review Board Statement

Не застосовується / Not applicable.

Заява про інформовану згоду / Informed Consent Statement

Не застосовується / Not applicable.

Конфлікт інтересів / Conflict of interest

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів / The authors declare no conflict of interest.

Декларація про генеративний штучний інтелект і технології на основі штучного інтелекту в процесі написання / Declaration on Generative Artificial Intelligence and AI-enabled Technologies in the Writing Process

Автори використовували інструменти генеративного штучного інтелекту (ChatGPT, Gemini) для перевірки граматики, вдосконалення стилістики тексту і оформлення бібліографічного списку використаних джерел. Після використання названих інструментів автори ретельно переглянули та відредагували вміст і несуть повну відповідальність за остаточну опубліковану версію. Науковий зміст статті є повністю оригінальним авторським контентом. Ідея, дизайн дослідження, опрацювання даних та їх інтерпретація, обговорення результатів і висновки розроблені без генерації вмісту за допомогою інструментів ШІ / The authors used generative AI tools (ChatGPT, Gemini) for grammar checking, improving text style, and formatting the bibliography. After using these tools, the authors carefully reviewed and edited the content, taking full responsibility for the final published version. The scientific content of the article is entirely original authorial content. The research idea, design, data processing, and interpretation, as well as the discussion of results and conclusions, were developed without the use of AI tools to generate content.

References

Boiko, T., Torbina, L., & Zavgorodnya, G. (2021). Landscaping of general secondary education institutions and its influence on the formation of schoolchildren's artistic taste. *Traektorîâ Nauki = Path of Science*, 7(7), 4001–4007. (in Ukrainian)

Бойко Т., Торбіна Л., Завгородня Г. Озеленення закладів загальної середньої освіти та його вплив на формування художнього смаку у школярів. *Traektorîâ Nauki = Path of Science*. 2021. Т. 7, № 7. С. 4001–4007.

de Manuel, B. F., Méndez-Fernández, L., Peña, L., & Ametzaga-Arregi, I. (2021). A new indicator of the effectiveness of urban green infrastructure based on ecosystem services assessment. *Basic and Applied Ecology*, 53, 12–25. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2021.02.012>

Dementieva, O. I., Lavryś, V. Yu., Dementiev, S. V., & Lavryś, O. Yu. (2023). Peculiarities of creating a project for landscaping and improvement of preschool educational institutions in rural areas of Kherson region. *Taurian Scientific Herald*, 133, 329–339. (in Ukrainian) <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.133.44>

Дементьева О. І., Лавриś В. Ю., Дементьев С. В., Лавриś О. Ю. Особливості створення проекту озеленення та благоустрою дошкільних навчальних закладів сільської місцевості Херсонської області. *Таврійський науковий вісник*. 2023. № 133. С. 329–339. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.133.44>

- Francini, G., Hui, N., Jumpponen, A., Kotze, D. J., & Setälä, H. (2021). Vegetation type and age matter: How to optimize the provision of ecosystem services in urban parks. *Urban Forestry & Urban Greening*, 66, 127392. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127392>
- Gill, S. E., Handley, J. F., Ennos, A. R., & Pauleit, S. (2007). Adapting cities for climate change: the role of the green infrastructure. *Built Environment*, 33(1), 115–133. <https://doi.org/10.2148/benv.33.1.115>
- Jovanović, S., Janković-Milić, V., Stanković, J. J., & Stanojević, M. (2025). The role of urban tree areas for biodiversity conservation in degraded urban landscapes. *Land*, 14(9), 1815. <https://doi.org/10.3390/land14091815>
- Kosyk, O. & Andriienko, O. (2020). Landscaping of children's open spaces. *Theory and practice of design*, 2(21), 48–57. <https://doi.org/10.18372/2415-8151.21.15060> (in Ukrainian)
Косик О. І., Андриєнко О. Р. Благоустрій дитячих відкритих просторів. Теорія та практика дизайну: зб. наук. праць. К.: НАУ, 2020. Вип. 21. С.48-57. <https://doi.org/10.18372/2415-8151.21.15060>
- Kucheryavyj, V. P., Henyk, Y. V., Kucheryavyj, V. S., Kendziora, N. Z., Hotsii, N. D., & Ianyshyn, B. M. (2025). Scientific basis of phytomelioration efficiency of green infrastructure of the city. *Scientific Bulletin of UNFU*, 35(4), 18-27. (in Ukrainian) <https://doi.org/10.36930/40350402>
Кучерявий В. П., Генік Я. В., Кучерявий В. С., Кендзьора Н. З., Гоцїй Н. Д., Янишин Б. М. Наукові засади фітомеліоративної ефективності зеленої інфраструктури міста. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2025. Вип. 35, №4. С. 18–27. <https://doi.org/10.36930/40350402>
- Liang, D., & Huang, G. (2023). Influence of urban tree traits on their ecosystem services: a literature review. *Land*, 12(9), 1699. <https://doi.org/10.3390/land12091699>
- Maksymova, O. O. (2025). Educational eco-spaces as a tool for developing children's natural-ecological competence in the context of sustainable development. *Image of the Modern Pedagogue*, 2(221), 77–82. [https://doi.org/10.33272/2522-9729-2025-2\(221\)-77-82](https://doi.org/10.33272/2522-9729-2025-2(221)-77-82) (in Ukrainian)
Максимова О. О. Освітні екопростори як засіб формування природничо-екологічної компетентності у дітей у контексті сталого розвитку. *Імідж сучасного педагога*. 2025. № 2 (221). С. 77–82. [https://doi.org/10.33272/2522-9729-2025-2\(221\)-77-82](https://doi.org/10.33272/2522-9729-2025-2(221)-77-82)
- Miroshnyk, N. V. (2023). Green infrastructure, urbanization and ecosystem services – relationships in a megalopolis. *Factors in Experimental Evolution of Organisms*, 33, 135–140. <https://doi.org/10.7124/FEEO.v33.1581> (in Ukrainian)
Мірошник Н. В. Зелена інфраструктура, урбанізація та екосистемні послуги – взаємозв'язки в мегаполісі. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. 2023. Т. 33. С. 135–140. <https://doi.org/10.7124/FEEO.v33.1581>
- Montalvan Castilla, J. E., Korkou, M., Sageidet, B. M., & Mawira Tarigan, A. K. (2025). Urban green spaces in early childhood education and care: insights from teachers in Stavanger, Norway. *European Early Childhood Education Research Journal*, 33(4), 709–726. <https://doi.org/10.1080/1350293X.2024.2412782>
- Mylnikova, O. O., Ilchenko, L. A., & Kozurman, N. I. (2025). The analysis of the species structure of green spaces on the territory of preschool children's institutions in Dnipro. *Taurida Scientific Herald. Series: Rural Sciences*, 143(2), 326–336. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.143.2.37> (in Ukrainian)
Мильнікова О. О., Ільченко Л. А., Козурман Н. І. Аналіз видової структури зелених насаджень на території дошкільних дитячих установ м. Дніпро. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2025. №. 143, Ч. 2. С. 326–336. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.143.2.37>
- Omelianova, V., & Strelchuk, L. (2021). Reconstruction and greening of general educational institutions. *Collection of scientific papers of Uman National University of Horticulture*, 98, 270–280. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.143.2.37> (in Ukrainian)
Омельянова В. Ю., Стрельчук Л. М. Реконструкція та озеленення загальноосвітніх навчальних закладів. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2021. Вип. 98. С. 270–280. <https://doi.org/10.31395/2415-8240-2021-98-1-270-280>

- Pallardy, S. G. (2008). Photosynthesis. In S. G. Pallardy (Ed.), *Physiology of woody plants* (3rd ed., pp. 107–167). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-012088765-1.50006-3>
- Pototska, S. O. (Ed.). (2021). *Optimization of green zones of the Chernihiv Polissia territories*. Chernihiv Polytechnic National University. (in Ukrainian).
Оптимізація зелених зон територій Чернігівського Полісся : монографія / за заг. ред. С. О. Потоцької. Чернігів : НУ «Чернігівська політехніка», 2021. 198 с.
- Puhakka, R., Rantala, O., Roslund, M. I., Rajaniemi, J., Laitinen, O. H., Sinkkonen, A., & ADELE Research Group. (2019). Greening of daycare yards with biodiverse materials affords well-being, play and environmental relationships. *International journal of environmental research and public health*, 16(16), 2948. <https://doi.org/10.3390/ijerph16162948>
- Rodríguez, J. P., Beard, T. D., Bennett, E. M., Cumming, G. S., Cork, S., Agard, J., Dobson, A. P., & Peterson, G. D. (2006). Trade-offs across space, time, and ecosystem services. *Ecology and Society*, 11(1), 28. <https://www.ecologyandsociety.org/vol11/iss1/art28/>
- Sæbø, A., Popek, R., Nawrot, B., Hanslin, H. M., Gawronska, H., & Gawronski, S. W. (2012). Plant species differences in particulate matter accumulation on leaf surfaces. *Science of the Total Environment*, 427, 347–354. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.03.084>
- Salmond, J. A., Tadaki, M., Vardoulakis, S., Arbuthnott, K., Coutts, A., Demuzere, M., Dirks, K. N., Heaviside, C., Lim, S., Macintyre, H., McInnes, R. N., & Wheeler, B. W. (2016). Health and climate related ecosystem services provided by street trees in the urban environment. *Environmental Health*, 15(S1). <https://doi.org/10.1186/s12940-016-0103-6>
- Stange, E. E., Barton, D. N., Andersson, E., & Haase, D. (2022). Comparing the implicit valuation of ecosystem services from nature-based solutions in performance-based green area indicators across three European cities. *Landscape and Urban Planning*, 219, 104310. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2021.104310>
- State Committee for Construction, Architecture and Housing Policy of Ukraine. (2001). Instructions for the inventory of green spaces in settlements of Ukraine: Order No. 226 of December 24, 2001. (in Ukrainian). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0182-02#Text>
Державний комітет будівництва, архітектури та житлової політики України. Інструкція з інвентаризації зелених насаджень у населених пунктах України: Наказ від 24.12.2001 № 226. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0182-02#Text>
- Vasutynska, K. A. (2021). Assessment of the ecosystem service indicators of urban green zones in relation with the urbogenic load of Ukraine regions. *Environmental Sciences*, 7(39), 36–43. <http://dx.doi.org/10.30970/vlubs.2024.93.04> (in Ukrainian)
Васютинська К. А. Оцінка показників екосистемних послуг міських зелених зон залежно від урбогенного навантаження регіонів України. *Екологічні науки*. 2021. Вип. 7 (34). С. 36–43. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.7-34.7>
- Xiao, Q., McPherson, E. G., Ustin, S. L., & Grismer, M. E. (2000). A new approach to modeling tree rainfall interception. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 105(D23), 29173–29188. <https://doi.org/10.1029/2000JD900343>
- Zhu, Y., & Carter, M. (2025). The impact of greening interventions in school grounds on social behavior and cognitive performance among primary school children. *Frontiers in Public Health*, 13, 1620199. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2025.1620199>
- Zhuk, A. V., & Myshiliuk, I. I. (2025). GIS-based inventory of street trees as a tool for managing urban green infrastructure in Chernivtsi. *Biological Systems*, 17(1), 120–130. <https://doi.org/10.31861/biosystems2025.01.120> (in Ukrainian)

Жук А. В., Мишілюк І. І. ГІС-облік вуличних деревних насаджень як інструмент управління зеленою інфраструктурою міста Чернівці. *Біологічні системи*. 2025. Т. 17, № 1. С. 120–130. <https://doi.org/10.31861/biosystems2025.01.120>

Received: 22.02.2026. **Accepted:** 14.03.2026. **Published:** 06.04.2026.

Ви можете цитувати цю статтю так:

Мишілюк І., Жук А. Видова структура дендрофлори закладів дошкільної освіти міста Чернівці як чинник формування екосистемних послуг. *Biota. Human. Technology*. 2026. № 1. С. 28-41. DOI: <https://doi.org/10.58407/bht.1.26.2>

Cite this article in APA style as:

Myshiliuk, I., & Zhuk, A. (2026). Vydova struktura dendroflory zakladiv doshkilnoi osvity mista Chernivtsi yak chynnyk formuvannia ekosystemnykh posluh [Species composition of the dendroflora in preschool educational institutions in Chernivtsi city as a driver of ecosystem services]. *Biota. Human. Technology*, (1), 28-41. <https://doi.org/10.58407/bht.1.26.2> (in Ukrainian)

Information about the authors:

Myshiliuk I. [*in Ukrainian: Мишілюк І.*] ¹, PhD Student, email: myshiliuk.iryana@chnu.edu.ua
ORCID: 0000-0001-9188-3416
Department of Ecology and Biomonitoring, Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University
2 Kotsiubynskyi Street, Chernivtsi, 58012, Ukraine

Zhuk A. [*in Ukrainian: Жук А.*] ², D.Sc. (Biology), Assoc.Prof., email: a.zhuk@chnu.edu.ua
ORCID: 0000-0002-0405-8037
Department of Ecology and Biomonitoring, Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University
2 Kotsiubynskyi Street, Chernivtsi, 58012, Ukraine

¹ Field inventory, data curation, formal analysis, visualisation, original draft writing.

² Conceptualization, methodology, formal analysis, supervision, critical revision of the manuscript.