

ГІС-ОБЛІК ВУЛИЧНИХ ДЕРЕВНИХ НАСАДЖЕНЬ ЯК ІНСТРУМЕНТ УПРАВЛІННЯ ЗЕЛЕНОЮ ІНФРАСТРУКТУРОЮ МІСТА ЧЕРНІВЦІ

А. В. ЖУК, І. І. МИШІЛЮК

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича
58012, м. Чернівці, вул. Коцюбинського, 2
e-mail: a.zhuk@chnu.edu.ua, myshiliuk.iryana@chnu.edu.ua

У статті представлено результати дослідження вуличних деревних насаджень у центральній частині м. Чернівці з метою розроблення підходів до створення електронної бази ГІС-обліку для оптимізації управління зеленою інфраструктурою міста. Проведено інвентаризацію 446 дерев на восьми вулицях історичного центру, що виявила переважання автохтонних видів (67,3 %), зокрема *Tilia cordata*, *Acer platanoides*, *Fraxinus excelsior*, та наявність інвазійних видів (28,9 %): *Acer negundo* і *Robinia pseudoacacia*. Застосовано методи маршрутних обстежень, інструментального вимірювання морфометричних параметрів і оцінки якісного стану за 3-бальною шкалою. Встановлено, що 73 % дерев перебувають у доброму стані, 23 % – у задовільному, 4 % – у поганому, зокрема через ураження *Aesculus hippocastanum* каштановою мінуючою міллю. Обґрунтовано необхідність ГІС-обліку деревних насаджень як ефективного інструменту управління зеленою інфраструктурою міста Чернівці. На основі платформи *Cvtrees* створено інтерактивну базу даних з інформацією щодо 8538 дерев на 82 об'єктах, імплементовану в геоінформаційну систему міста. Інтеграція зібраних даних у просторову структуру дозволила не лише візуалізувати поточний стан насаджень, а й здійснювати аналіз їх розподілу, стану та потреб в оновленні. Пропонований підхід сприяє поліпшенню моніторингу, ухваленню управлінських рішень і довгостроковому плануванню озеленення.

Ключові слова: дендрофлора, вуличні насадження, облік зелених насаджень, цифрова інвентаризація, міське озеленення

Вступ. Управління зеленими зонами в містах є невід'ємною частиною містобудівного процесу. Зелені насадження, як важливий компонент урболандшафту, виконують низку екологічних, соціальних та економічних функцій. З архітектурної точки зору вони активно формують міський простір, структуруючи територію за допомогою зелених коридорів, санітарно-захисних і буферних зон, розривів каркасу сірої інфраструктури, що забезпечує гармонійний баланс між урбанізованим середовищем і природними елементами (Коваленко, 2014). Озеленення урбанізованих ландшафтів – один із найефективніших способів формування сприятливого мікроклімату (Масальський, Кузнецов, 2018; Кучерявий та ін., 2023) та адаптації міст до глобальних кліматичних змін (Кривомаз, Савченко, 2021), боротьби з проблемами забруднення повітря (Капельюш, 2009; Мирончук, Курницька, 2021), збереження біорізноманіття (Мельничук, Генік, 2019), створення здорового міського середовища (Кавчук, Різничук, 2022), поліпшення якості життя містян (Коваленко, 2014).

Серед численних компонентів зеленої інфраструктури міст особлива роль належить вуличним деревним насадженням. Їх основні характеристики (порода, вік, розміри, щільність

крони) визначають потенціал для надання широкого асортименту екосистемних послуг (Savo et al., 2025). Налагоджена процедура обліку дерев у містах дає підстави для розроблення й дотримання ефективної системи управління зеленими зонами, спрямованої на збереження екологічного балансу, поліпшення якості урбанізованого середовища та забезпечення сталого розвитку. Процедура інвентаризації зелених насаджень вимагає комплексного підходу, що враховує екологічні, соціальні й технічні аспекти (Зібцева, 2015). Водночас неповні застарілі дані про вуличні деревні насадження ускладнюють управління зеленою інфраструктурою та знижують ефективність розроблення стратегій їх збереження й розвитку.

Здебільшого інвентаризація міських зелених насаджень є неповною, нерегулярною та рідко оновлюється через тривалі ресурсо- і трудомісткі польові дослідження. Ситуація загострюється через проблеми, пов'язані зі складністю міського середовища, високим антропогенним навантаженням і необхідністю інтегрування даних у цілісну систему управління інфраструктурою. Різноманітність зелених зон із різними плануванням і функціональним значенням (сквери, парки, вуличні та прибудинкові насадження тощо), ускладнює їх

облік. Комплексне використання міських територій під забудову, інфраструктуру й зелені насадження, а також тісний взаємозв'язок зелених зон із інженерними мережами обумовлюють необхідність постійної адаптації систем обліку. Зміни в міській інфраструктурі, наприклад, прокладання нових комунікацій або реконструкція доріг, вимагають видалення чи перенесення дерев, а отже й коригування облікової інформації. Тому виникає потреба в регулярному оновленні даних через швидкі зміни в забудові. Вирішенню проблеми сприяє створення організованої в ГІС бази, де фіксуються не лише назви рослин, але й їхні кількісні та якісні характеристики, а також точне розташування на мапі території. Це дає змогу комплексно оцінити й відстежувати актуальний стан насаджень та підбирати умови догляду за ними.

Дотепер облік зелених насаджень у місті Чернівці здійснювався винятково шляхом фіксації даних у паперовій формі, що унеможливило редагування та ускладнює процес їхнього оновлення. Найповнішу інвентаризацію зелених насаджень здійснили співробітники кафедри ботаніки та природоохоронної діяльності Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича (Літвіненко та ін., 2017). Надалі досліджувалися окремі елементи зеленої інфраструктури міста (Решетюк, 2023; Романюк, Романюк, 2022, 2024). Останні паспорти датуються 2016 роком, після чого багато скверів та площ було реконструйовано, відповідно змінилися площа зелених насаджень та їх видовий склад. З огляду на динамічний розвиток міста, ефективне планування й підтримання екосистемних послуг потребують актуалізації інвентаризаційних даних про зелені насадження та їх системної організації за допомогою ГІС-технологій, що дозволяє оптимізувати моніторинг, ухвалення рішень і довгострокове управління міською зеленою інфраструктурою.

У містах України та світу дедалі активніше впроваджуються електронні реєстри дерев, що значно полегшує управління зеленими насадженнями та забезпечує прозорість цього процесу. Зокрема, у Києві функціонує цифрова система обліку зелених зон (https://gis.kyivcity.gov.ua/green_zones/), яка містить детальну інформацію про стан і розташування дерев, а також допомагає комунальним службам оперативно реагувати на виявлені проблеми. Впровадження таких систем якісного обліку деревних насаджень не лише сприяє ефективному догляду за міською рослинністю, а й відіграє важливу роль у

забезпеченні екологічного балансу та соціального благополуччя міського середовища, підтримуючи сталий розвиток урбанізованих територій.

Мета дослідження полягала в розробленні підходів до створення електронної бази ГІС-обліку деревних насаджень як інструменту моніторингу й оптимізації управління зеленою інфраструктурою міста Чернівці.

Матеріали та методи. Об'єктом дослідження слугують рядові деревні насадження на вулицях центральної частини міста Чернівці: Вокзальній, Богдана Хмельницького, Лесі Українки, Університетській, Григорія Сковороди, Поштовій, Степана Бандери та Івана Котляревського. Ці вулиці розташовані в історичній частині міста, мають транспортну розв'язку та користуються популярністю серед туристів як осередок головних архітектурних і культурних пам'яток Чернівців. Сумарна протяжність названих вулиць складає 5466 м (виміряно авторами засобами Google Earth).

Оскільки традиційні методи обліку зелених насаджень не завжди відповідають сучасним вимогам щодо точності, оперативності та доступності даних, застосовано інтегрований підхід, який поєднує польові методи збору інформації з подальшим введенням отриманих даних до комп'ютеризованих баз. Такий підхід забезпечує систематизацію та уніфікацію інформації, що в підсумку відображається на геоінформаційному порталі міста.

Під час польових досліджень використано методи маршрутних обстежень (суцільний обхід ділянок із фіксацією всіх дерев), візуальної оцінки стану та породного складу дерев, а також інструментального вимірювання морфометричних параметрів. Ідентифікацію деревних рослин і визначення їх систематичного положення здійснено за допомогою спеціалізованих довідкових видань (Дендрофлора України, 2002; 2005). Висоту дерев виміряно за допомогою смартфонного додатку Trees, при цьому висотомір відкалібровано з використанням еталонного об'єкта відомої висоти. Вимірювання обхвату стовбура здійснено за допомогою вимірювальної стрічки на висоті 1,3 метра. Діаметр дерева обчислено за формулою: $D = L / \pi$, де D – діаметр; L – обхват стовбура на висоті 1,3 м; π – 3,14. Орієнтовний вік дерев оцінено 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 (Гриник та ін., 2010).

Оцінку якісного стану здійснено за 3-бальною шкалою візуальних ознак, наведеною в

Інструкції з інвентаризації зелених насаджень у населених пунктах України (Інструкція..., 2001), де:

1 бал (добрий стан) – здорові дерева з добре розвиненим габітусом, густою кроною, рівномірно розподіленим листям або хвоєю нормального розміру й природного забарвлення, без ознак ураження хворобами, шкідниками, механічних пошкоджень, ран чи дупел;

2 бали (задовільний стан) – здорові дерева, що зберігають життєздатність, але мають уповільнений ріст або асиметричну крону, меншу кількість листя чи хвої, незначні механічні ушкодження стовбура чи гілок, а також поодинокі невеликі дупла;

3 бали (поганий стан) – дерева в критично ослабленому стані з вираженим викривленням стовбура, слабко розвинутою чи розрідженою кроною, сухими або відмираючими гілками, мінімальним приростом однорічних пагонів, механічними ушкодженнями стовбура та дуплами.

Для відображення результатів дослідження застосовано методи візуалізації інформації, картографування та управління даними в геоінформаційних системах.

Для аналізу та відображення результатів дослідження використано методи візуалізації інформації (побудову діаграм засобами MS Excel 2019 і створення тематичних карт), картографування та управління даними в геоінформаційних системах (Cvtrees <https://cvtrees.vercel.app> і Softpro

<http://admin.chernivzi.local.softpro.ua/dashboard>), що забезпечило інтеграцію даних із геоінформаційним порталом міста (<https://map.city.cv.ua/home>).

Результати дослідження та їх обговорення.

На першому етапі дослідження, спрямованого на оцінку видового складу, якісного стану та просторового розташування вуличних дерев у центральній частині м. Чернівці, у 2023 р. проведено інвентаризацію на восьми вулицях історичного центру міста. Результати інвентаризації засвідчили переважання регулярних рядових посадок, що відображає особливості містобудівного планування локації.

Назагал на досліджуваних вулицях зафіксовано 446 деревних рослин, які належать до 13 видів, 10 родин, 7 порядків, 2 відділів. За кількістю видів переважають родини Sapindaceae та Oleaceae. Найбільш поширеними видами є *Tilia cordata* Mill., *Acer negundo* L., *A. platanoides* L. та *Fraxinus excelsior* L., які становлять основну частку насаджень – 93 % (рис. 1). За походженням основу дендрофлори вуличних насаджень складають автохтонні види (67,3 %), що суперечить тенденціям міського озеленення в Україні (Потоцька, 2017; Роговський, Крупа, 2018; Павлишак та ін., 2022) та м. Чернівці загалом. За літературними відомостями, загальний асортимент деревних рослин, застосовуваних у внутрішньоквартальному озелененні Чернівців, включає 48 таксонів автохтонної та 164 таксони інтродукованої дендрофлори (Літвіненко та ін., 2017).

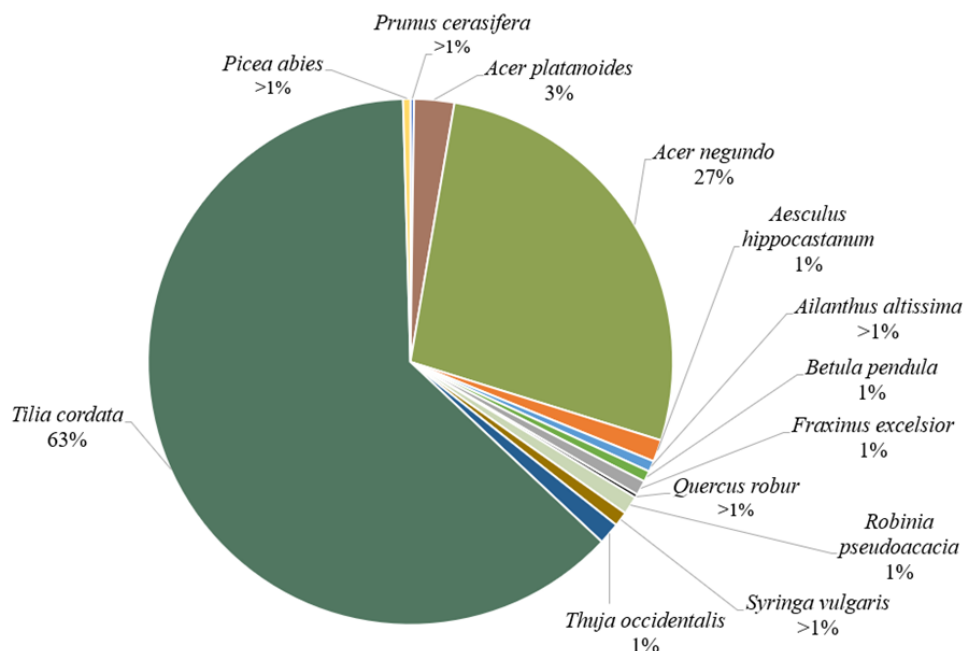


Рис. 1. Видова структура рядових деревних насаджень на вулицях центральної частини міста Чернівці

Fig. 1. Species structure of urban street trees in the central area of Chernivtsi

У складі дослідженої дендрофлори ідентифіковано інвазійні види (28,9 %), зокрема *A. negundo*, *Robinia pseudoacacia* L. та *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle, що потребують уваги під час управління зеленою інфраструктурою. Виявлення таких видів підкреслює необхідність їхнього моніторингу через електронні реєстри для запобігання неконтрольованому поширенню.

Середній вік деревних насаджень припадає на діапазон від 20 до 40 років (рис. 2). У цьому віці *T. cordata* досягає значного об'єму крони, що забезпечує максимальне затінення та охолодження прилеглої території, відіграючи важливу роль у пом'якшенні ефекту міських теплових островів. Проведене в Мюнхені дослідження виявило, що *T. cordata* характеризуються на 30 % більшим індексом листової поверхні, вдвічі вищою густиною

сокоруху та більшою площею провідної тканини, що зумовлює втричі інтенсивнішу транспірацію порівняно з *R. pseudoacacia*. Це обумовлює вищий ефект охолодження повітря в межах липової крони. Крім того, охолодження поверхні асфальтового покриття під густішими кронами *T. cordata* було суттєво вищим (Rahman et al., 2019).

Липи також активно накопичують вуглець, однак ця екосистемна послуга в найповнішій мірі забезпечується екземплярами віком 60 років і більше (Moser et al., 2015). Їх частка на дослідженій території складає лише 5,7 % (16 дерев). Крім того, підвищена вразливість *T. cordata* до стресових факторів міського середовища (Zhang et al., 2019) може призвести до зниження ефективності наданих ними екосистемних послуг у довгостроковій перспективі.

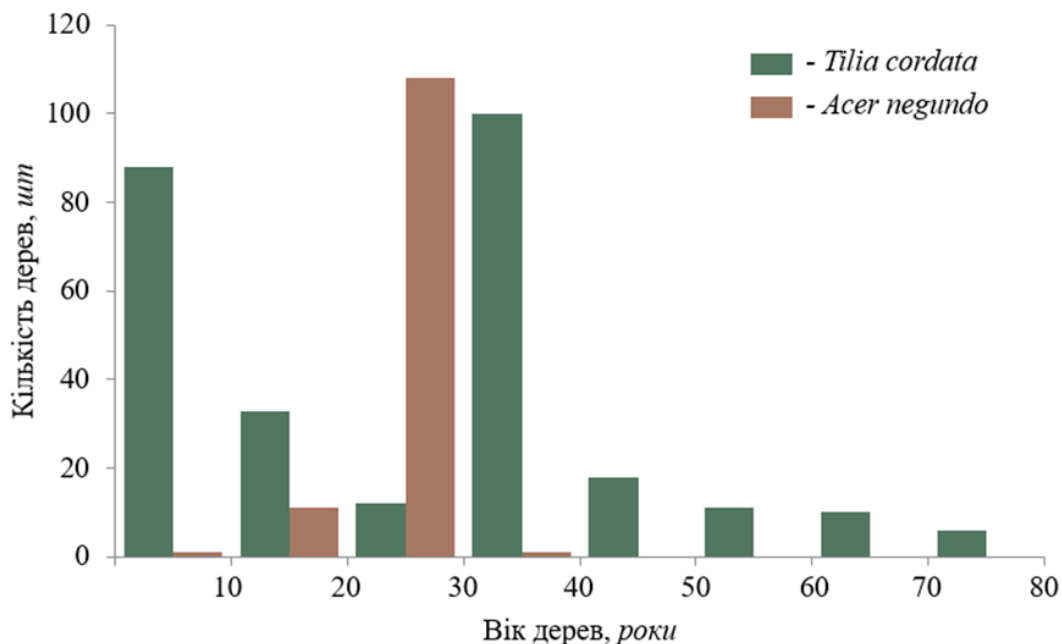


Рис. 2. Вікова структура домінуючих видів

Fig. 2. Age structure of the dominant species

В контексті надання екосистемних послуг *A. negundo* характеризують як вид з високою декоративною й естетичною привабливістю та фітомеліоративним потенціалом (Матковська та ін., 2019). Водночас автори відзначають феноменальну здатність формувати густі порослеві насадження зі сплячих бруньок. Нещодавно науковцями кафедри екології та біомоніторингу Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича (Федоряк, Москалик, 2025) засобами QGIS візуалізовано поширення *A. negundo* у межах модельного полігону, який охоплює 14 вулиць центральної частини міста. Автори виявили 420 екземплярів,

здебільшого ювенільного, іматурного та вергінільного віку, що свідчить про агресивне поширення виду.

Середній діаметр стовбура дерев на висоті 1,3 м становить 27,1 см, для молодих дерев – від 5 до 11 см, для вікових – 45,9 см. Дерев з більшим діаметром стовбура ймовірно ефективніше забезпечують окремі екосистемні послуги (накопичення вуглецю, затінення та пом'якшення ефекту міських теплових островів), оскільки розмір стовбура корелює з об'ємом біомаси та крони. Молоді дерева, хоча й мають менший внесок у ці послуги, відіграють важливу роль у поступовому оновленні насаджень, що

сприяє довгостроковій стійкості зеленої інфраструктури міста.

За результатами оцінки якісного стану, переважна більшість обстежених дерев (73 %) характеризується добрим станом, 23 % – задовільним, а 4 % – поганим. Прикметно, що усі екземпляри *Aesculus hippocastanum* L., зафіксовані на вулиці Лесі Українки, перебувають у незадовільному стані, що, ймовірно, зумовлено щорічним ураженням каштановою мінуючою міллю. Личинки цього шкідника ушкоджують листя, спричиняючи дефоліацію, і за сприятливих умов можуть розвивати до п'яти генерацій на рік. Це призводить до часткової або повної втрати листового апарату, що негативно впливає на інтенсивність фотосинтезу, погіршує фізіологічний стан дерев, провокує повторне осіннє цвітіння, знижує їхню зимостійкість та ускладнює підготовку до періоду спокою (Мартиненко, 2010). Сукупна дія антропогенного навантаження, засоленості та недостатньої вологості ґрунту, забруднення атмосферного повітря та інших негативних факторів урбанізованого середовища посилює шкоду, завдану каштановою мінуючою міллю, прискорюючи ослаблення дерев.

Одна з характерних проблем для насаджень історичного центру міста – недостатній об'єм пристовбурових лунок, що стримує онтогенетичний розвиток дерев. У низці випадків розміри лунок критично малі, що чинить несприятливий вплив на ріст та життєздатність насаджень. Також відмічено

практику обрізки дерев методом топінгу, що завдає значної шкоди їхньому стану. За даними Міжнародного товариства арбористики (International Society of Arboriculture, 2017), топінг передбачає надмірне укорочення гілок до стовбура або недостатньо розвинених бічних гілок, що порушує міжнародні стандарти належної обрізки та послаблює дерева. Це підвищує їхню вразливість до хвороб, шкідників і структурних пошкоджень, ускладнюючи управління зеленою інфраструктурою.

Зважаючи на виявлені деструктивні чинники, постає нагальна потреба у впровадженні комплексу заходів, спрямованих на збереження та відновлення зелених насаджень у центральній частині Чернівців. Водночас, ідентифіковано шість вільних посадкових місць, утворених після видалення попередніх дерев, які можуть бути використані для відновлення зелених насаджень. Це дозволить не лише компенсувати втрати, а й посилить екосистемні послуги, забезпечувані придорожніми деревами.

На другому етапі дослідження, спираючись на результати польової інвентаризації вуличних деревних насаджень, здійснено вибір програмного забезпечення для обліку зеленої інфраструктури міста. Під час польових досліджень проведено паралельне тестування програмних засобів Cvtrees і Softpro щодо їхньої функціональності, зручності використання та відповідності завданням інвентаризації зелених насаджень, результати якого наведено в таблиці 1.

Таблиця 1.

Порівняння функціоналу програмних засобів Cvtrees і Softpro для інвентаризації зеленої інфраструктури Чернівців

Table 1.

Functionality comparison of Cvtrees and Softpro software for green infrastructure inventory in Chernivtsi

Характеристика	Cvtrees	Softpro
GPS-локалізація	Підтримує визначення об'єктів за GPS	
Атрибутивні таблиці	Внесення кількісних і якісних показників (вид, стан, діаметр, висота)	Внесення кількісних і якісних показників із автоматичним обчисленням діаметра. Можливість додавати площу клумб чи доріжок.
Маркування на карті	Точкове маркування з позначками за видом, станом чи власником	Точкове маркування, підтримка полігонів для клумб та доріжок.
Картографічні шари	Робота з окремими шарами карти	
Фотографії	Додавання та оновлення фото	
Балансоутримувач	Поле для зазначення	Поле для зазначення

	балансоутримувача	балансоутримувача та інвентаризаційного номера рішення
Синхронізація з порталом	Синхронізація з порталом міста (https://map.city.cv.ua/home)	
Додатковий функціонал	Маркування місць для посадки та пнів; обмежений перелік категорій благоустрою	Облік усіх об'єктів благоустрою; створення полігонів для ландшафтного дизайну
Переваги	Безкоштовність, зручна навігація (перехід до карти після внесення об'єкта)	Широкий функціонал, автоматичне обчислення діаметра, деталізація благоустрою
Індивідуальні недоліки	Відсутність можливості наносити полігони та автоматично розраховувати діаметр дерев	Повільне завантаження даних, повернення на загальну карту міста
Спільні недоліки	Неточність GPS (можна виправити вручну), залежність від інтернету, відсутність економічного аналізу екосистемних послуг	

Інструментарій порівнюваних платформ дозволяє інтегрувати дані про видовий склад, якісний стан та просторове розміщення насаджень. Він забезпечує автоматичне картографування, формування атрибутивних таблиць з описом об'єктів та можливість фільтрування за різними параметрами, що збільшує продуктивність обліку та управління. Однак, після ретельного порівняння їхньої функціональності та зручності використання в реальних польових умовах ми прийняли рішення надалі застосовувати програмне забезпечення Cvtrees. Вирішальною перевагою стала швидкість завантаження даних та можливість працювати без потреби постійно повертатися до основного шару карти. У польових умовах цю особливість важко переоцінити, оскільки вона забезпечує оперативність збору та обробки

інформації.

Cvtrees підтримує додавання якісних та кількісних показників: назву виду, природоохоронний статус, рік посадки, діаметр, висоту, стан тощо (рис. 3). Також передбачено функціонал для введення додаткових характеристик, наприклад, ураження омелою, грибковими захворюваннями, каштановою мінуючою міллю тощо. Кожен запис може бути доповнений фотографією відповідного дерева, що забезпечує візуальне підтвердження занесеної в систему інформації. Завдяки названим перевагам, Cvtrees значно підвищила ефективність польових робіт, зменшивши час на фіксацію даних та мінімізувавши ймовірність втрати інформації, яка можлива при ручному перенесенні до бази даних..

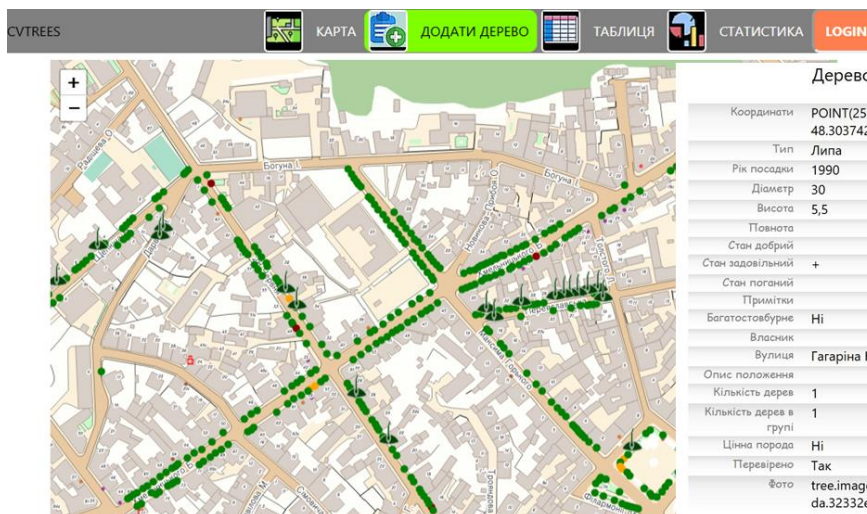


Рис. 3. Інтерфейс платформи Cvtrees

Fig. 3. Cvtrees platform interface

На завершальному етапі дослідження здійснено інтеграцію напрацьованих

геопросторових даних у цифрову муніципальну інфраструктуру з урахуванням принципів

відкритої наукової політики. Зокрема, Чернівецькому тресту зеленого господарства та протизсувних робіт надано доступ до системи Cvttrees для оперативного реагування на зміни якісного та кількісного стану зелених насаджень, планування заходів з догляду та усунення аварійних ситуацій, що забезпечує ефективне управління міським озелененням. Наразі напрацьована нами база даних в системі містить вичерпні відомості про зелені насадження на територіях 36 закладів дошкільної освіти, п'яти скверів, чотирьох площ та 37 вулиць – сумарною кількістю 8538 дерев (рис. 4).

Працівники тресту мають змогу визначати місця для заміни видалених дерев, оцінювати доцільність використання певних порід для підсадки, визначати необхідність обрізки дерев, а також планувати подальші заходи з висадки та догляду за зеленими насадженнями. На прикладі Одеси (Bakova, Karpinskyi, 2023) продемонстровано, що внесення змін у реальному часі (посадка, обрізка, викорчовування пнів, пошкодження внаслідок стихійних явищ тощо), сприяє раціональнішому, науково обґрунтованому управлінню міськими зеленими зонами.

Для широкого загалу інформацію щодо восьми об'єктів, на яких проведено інвентаризацію зелених насаджень, розміщено у відкритому доступі на інтерактивному геопорталі міста Чернівці: <https://map.city.cv.ua/map/main> (рис. 5). Ці дані є відкритими та доступними для всіх громадян. Портал надає можливість ознайомитися з

тематичними шарами карти, які відображають елементи благоустрою, парки, сквери та інші об'єкти зелених насаджень, що забезпечує прозорість даних і сприяє залученню громадськості до формування і підтримання зеленої інфраструктури. Наприклад, доступні дані можуть бути використані при оцінці фінансових, матеріальних і організаційних витрат, потрібних для ефективного планування заходів з охорони, відновлення і збереження зелених насаджень міста.

Надалі планується продовжити занесення інформації щодо стану зелених насаджень міста та територій закладів освіти до бази даних Cvttrees та публічного порталу для відображення актуальної інформації про кожне дерево. Такий підхід не лише відіграє важливу роль у формуванні ефективної стратегії управління міською зеленою інфраструктурою, але й дає змогу залучати стейкхолдерів до вирішення проблем деревних насаджень. Наприклад, проведена нами інвентаризація зелених зон дошкільних навчальних закладів м. Чернівці стала підґрунтям для закупівлі та висадження на їх території саджанців благодійною організацією «Майбутнє країни». Це демонструє практичну цінність відкритого доступу до даних щодо актуального стану деревних насаджень міста та потенціал взаємодії між дослідницькими ініціативами, органами місцевого самоврядування та громадським сектором у вирішенні екологічних питань міського середовища.

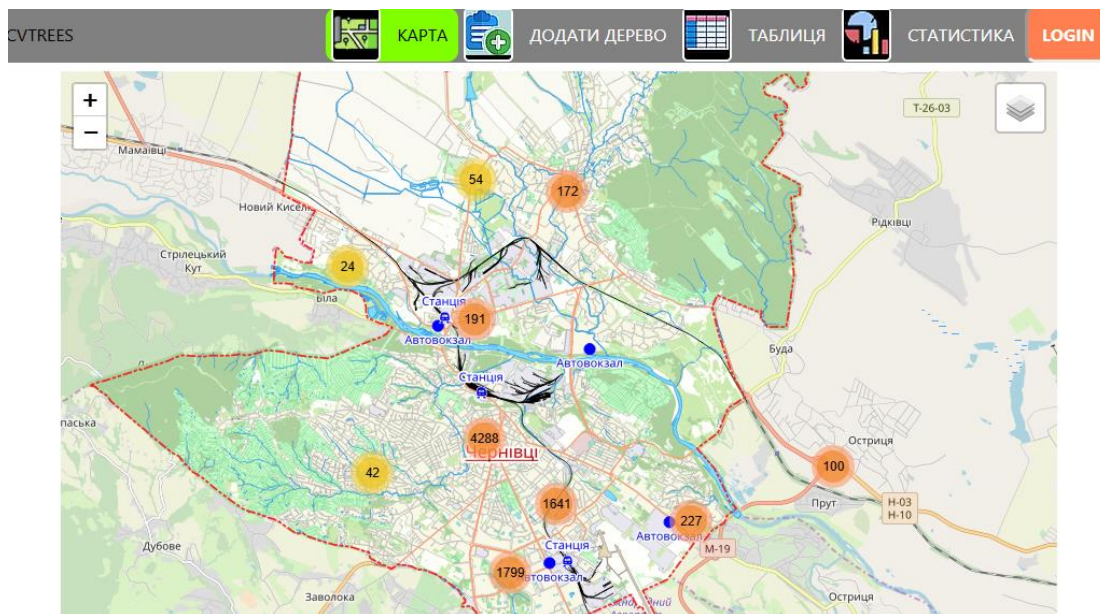


Рис. 4. Організована в ГІС інтерактивна база інвентаризаційних даних

Fig. 4. Interactive GIS-enabled inventory data base

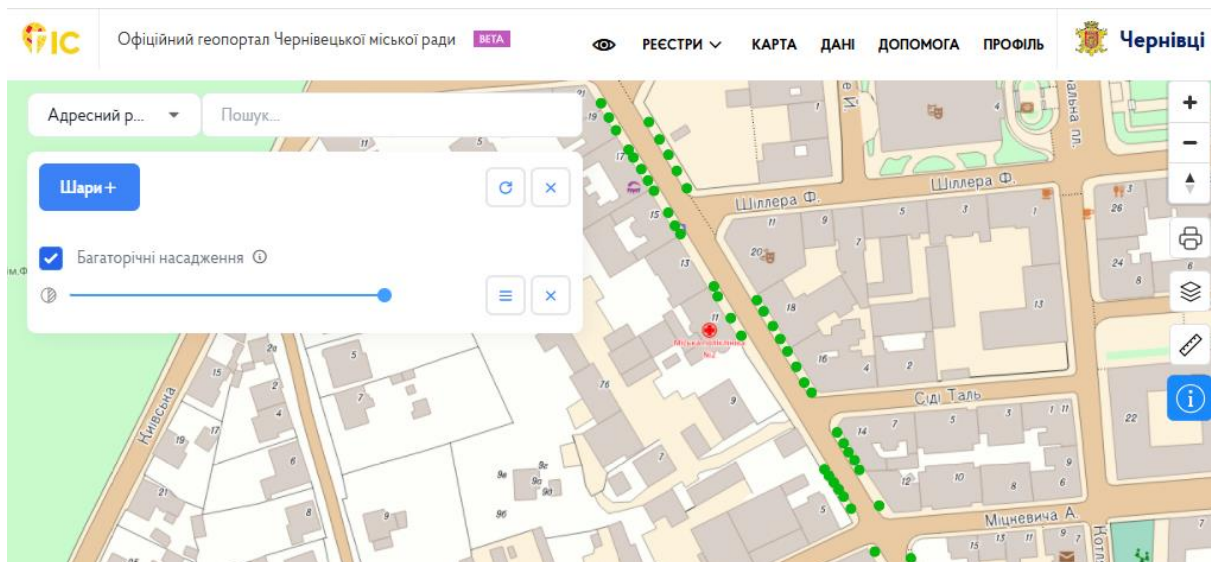


Рис. 5. Шар зелених насаджень на офіційному геопорталі Чернівецької міської ради

Fig. 5. Green vegetation layer on the official geoportal of the Chernivtsi City Council

Висновки:

1. ГІС-облік вуличних дерев є дієвим інструментом для моніторингу та управління міською зеленою інфраструктурою, що забезпечує просторову точність, доступність та оновлюваність даних у динамічному міському середовищі. Запропонований підхід, який поєднує польове обстеження з цифровою фіксацією морфометричних, таксономічних характеристик і оцінкою стану дерева, дозволяє створити структуровану електронну базу даних, інтегровану в геоінформаційну систему міста.

2. Проведене обстеження рядових деревних насаджень історичного центру Чернівців засвідчило суттєву зміну структури деревних насаджень порівняно з даними попередніх інвентаризацій, що обумовлює необхідність

регулярного оновлення інформації.

3. Створення електронного реєстру дерев сприяє оптимізації рішень щодо догляду, реконструкції та розвитку зеленої інфраструктури, а також забезпечує прозорість управлінських процесів. Впровадження подібних ГІС-рішень у муніципальну практику підвищує ефективність екологічного планування, підтримує сталість урбанізованих територій та знижує ризики втрати екосистемних послуг.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють, що дослідження проводилося за відсутності будь-яких комерційних або фінансових відносин, які можна було б витлумачити як потенційний конфлікт інтересів.

Список літератури:

- Гриник, П. І., Стеценко, М. П., Шнайдер, С. Л., Листопад, О. Г., & Борейко, В. Е. (2010). *Стародавні дерева України: реєстр-довідник*. К.: Логос.
- Зібцева, О. В. (2015). Рівень озеленення ряду малих міст Київщини як індикатор сталого розвитку. *Проблеми розвитку міського середовища*, 2, 147–154.
- Кавчук, І. М., & Різничук, Н. І. (2022). Зелені насадження паркових екосистем Івано-Франківська. *Екологічні науки*, 4(43), 131–134. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.4-43.21>
- Капельюш, Н. В. (2009). Санітарно-гігієнічна роль *Platanus orientalis* та *Platanus acerifolia* у насадженнях міста Запоріжжя. *Питання біоіндикації та екології*, 14(1), 68–73.
- Коваленко, А. А. (2014). Функції зелених насаджень міста. *Містобудування та територіальне планування*, 53, 204–208.
- Кохно, М. А., Пархоменко, Л. І., Зарубенко, А. У., та ін. (2002). *Дендрофлора України. Дикорослі та культивовані дерева й куці. Частина 1: Покритонасінні*. Київ: Фітосоціоцентр.
- Кохно, М. А., Трофименко, Н. М., Пархоменко, Л. І., та ін. (2005). *Дендрофлора України. Дикорослі та культивовані дерева й куці. Частина 2: Покритонасінні*. Київ: Фітосоціоцентр.
- Кривомаз, Т. І., & Савченко, А. М. (2021). Адаптація секторів міського розвитку до кліматичних змін. *Екологічна безпека та природокористування*, 38(2), 64–78. <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2021.2.64-78>
- Кучерявий, В. П., Генік, Я. В., Кучерявий, В. С., Шуплат, Т. І., & Гоцій, Н. Д. (2023). Екопросторові та теплофізичні особливості формування «острова тепла» Львівського середмістя і життєвість деревних рослин. *Науковий вісник НЛТУ України*, 33(3), 23–33. <https://doi.org/10.36930/40330304>
- Літвіненко, С. Г., Киклюк, М. І., & Бляхарська, Л. О. (2017). Підсумки інвентаризації зелених насаджень міста Чернівці. *Науковий вісник НЛТУ України*, 27(1), 48–53. <https://doi.org/10.15421/40270110>

11. Мартиненко, В. Г. (2010). Каштанова мінуюча міль в Україні. *Наукові записки*, 10(1), 61–62.
12. Масальський, В. П., & Кузнецов, С. І. (2018). Вплив паркових насаджень на температурний режим урбанізованого середовища. *Науковий вісник НЛТУ України*, 28(7), 49–52. <https://doi.org/10.15421/40280710>
13. Матковська, С. І., Світельський, М. М., Ішук, О. В., Пінкіна, Т. В., Федючка, М. І., & Соломатіна, В. Д. (2019). Екологічна роль представників роду *Acer L.* у зелених насадженнях міста Житомир. *Науковий вісник НЛТУ України*, 29(1), 70–73. <https://doi.org/10.15421/40290115>
14. Мельничук, Н. Я., & Геник, Я. В. (2019). Еколого-біологічні основи формування садово-паркових композиційних груп парків міста Львова. *Науковий вісник НЛТУ України*, 29(6), 9–13. <https://doi.org/10.15421/40290601>
15. Мирончук, К. В., & Курницька, М. П. (2021). Пилозахисна функція живоplotів на прикладі урбоєкосистем Чернівецької області. *Науковий вісник НЛТУ України*, 31(4), 48–53. <https://doi.org/10.36930/40310407>
16. Павлишак, Я. Я., Даньків, В. Я., & Шпек, М. П. (2022). Дендрофлористичний склад вуличних насаджень міста Дрогобич. *Екологічні науки*, 3(42), 175–180. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.3-42.29>
17. Потоцька, С. О. (2017). Дендрологічні аспекти Концепції озеленення міста Чернігова. *Наукові записки ТНПУ ім. В. Гнатюка: Біологія*, 69(2), 35–40.
18. Решетюк, О. В. (2023). Комплексний аналіз дендрофлори парку-пам'ятки садово-паркового мистецтва імені Ф. Шиллера (м. Чернівці). *Науковий вісник НЛТУ України*, 33(5), 28–39. <https://doi.org/10.36930/40330504>
19. Роговський, С. В., & Крупа, Н. М. (2018). Сучасний стан деревних насаджень на Контрактовій площі Києва та перспективи їх реконструкції. *Науковий вісник НЛТУ України*, 28(7), 60–65. <https://doi.org/10.15421/40280713>
20. Романюк, О. М., & Романюк, В. В. (2022). Комплексний аналіз систематичної, вікової та таксаційної структури вікових дерев м. Чернівці. *Науковий вісник Чернівецького університету. Біологія (Біологічні системи)*, 14(2), 188–192. <https://doi.org/10.31861/biosystems2022.02.188>
21. Романюк, О. М., & Романюк, В. В. (2024). Комплексна характеристика вікових дерев парку Чернівецької обласної психіатричної лікарні. *Науковий вісник Чернівецького університету. Біологія (Біологічні системи)*, 16(3), 319–324. <https://doi.org/10.31861/biosystems2024.03.319>
22. Федоряк, М. М., & Москалик, І. М. (2025). Візуалізація поширення інвазійних видів із застосуванням QGIS (на прикладі *Acer negundo L.*). *Природнича освіта та наука*, 1, 109–117. <https://doi.org/10.32782/NSER/2025-1.18>
23. Bakova, K., & Karpinskyi, Y. (2023). Organization of geoinformation monitoring of geospatial data of green plants of the street and road network of the city of Odesa. *Geodesy, Cartography and Aerial Photography*, 97, 64–69. <https://doi.org/10.23939/istcgcap2023.97.064>
24. International Society of Arboriculture. (2017). *Tree pruning standards: ANSI A300 (Part 1–9)*.
25. Moser, A., Rötzer, T., Pauleit, S., Pretzsch, H. (2015). Structure and ecosystem services of small-leaved lime (*Tilia cordata* Mill.) and black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) in urban environments. *Urban Forestry & Urban Greening*, 14(4), 1110–1121. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2015.10.005>
26. Rahman, M. A., Moser, A., Rötzer, T., & Pauleit, S. (2019). Comparing the transpirational and shading effects of two contrasting urban tree species. *Urban Ecosystems*, 22(4), 683–697. <https://doi.org/10.1007/s11252-019-00853-x>
27. Savo, V., D'Amato, L., Bartoli, F., Zappitelli, I., & Caneva, G. (2025). Evaluation of main regulating, provisioning, and supporting ecosystem services of urban street trees: A literature review. *Ecosystem Services*, 71, 101690. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2024.101690>
28. Zhang, C., Stratopoulos, L. M. F., Pretzsch, H., & Rötzer, T. (2019). How Do *Tilia cordata* Greenspire Trees Cope with Drought Stress Regarding Their Biomass Allocation and Ecosystem Services? *Forests*, 10(8), 676. <https://doi.org/10.3390/f10080676>

References:

1. Bakova, K., & Karpinskyi, Y. (2023). Organization of geoinformation monitoring of geospatial data of green plants of the street and road network of the city of Odesa. *Geodesy, Cartography and Aerial Photography*, 97, 64–69. <https://doi.org/10.23939/istcgcap2023.97.064>.
2. Fedoriak, M. M., & Moskalik, I. M. (2025). Visualization of invasive species distribution using QGIS (on the example of *Acer negundo L.*) [Vizualizatsiia poshyrennia invaziynykh vydiv iz zastosuvanniam QGIS (na prykladi *Acer negundo L.*)]. *Natural Education and Science*, 1, 109–117. <https://doi.org/10.32782/NSER/2025-1.18> [In Ukrainian].
3. Hrynyk, P. I., Stetsenko, M. P., Shnaider, S. L., Lystopad, O. H., & Boreiko, V. E. (2010). *Ancient Trees of Ukraine: A Register-Directory* [Starodavni dereva Ukrainy: reiestr-dovidnyk]. Kyiv: Logos.
4. International Society of Arboriculture. (2017). *Tree pruning standards: ANSI A300 (Parts 1–9)*.
5. Kapeliush, N. V. (2009). Sanitary and hygienic role of *Platanus orientalis* and *Platanus acerifolia* in the plantings of Zaporizhzhia city [Sanitarno-hihiienichna rol *Platanus orientalis* ta *Platanus acerifolia* u nasadzhenniakh mista Zaporizhzhia.]. *Issues of Bioindication and Ecology*, 14(1), 68–73. [In Ukrainian].
6. Kavchuk, I. M., & Riznychuk, N. I. (2022). Green plantings of park ecosystems in Ivano-Frankivsk [Zeleni nasadzhennia parkovykh ekosystem Ivano-Frankivska]. *Ecological Sciences*, 4(43), 131–134. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.4-43.21>

- [In Ukrainian].
7. Kochno, M. A., Parkhomenko, L. I., Zarubenko, A. U., et al. (2002). *Dendroflora of Ukraine. Wild and cultivated trees and shrubs. Part 1: Angiosperms* [Dendroflora Ukrainy. Dykorosli ta kultyvovani dereva y kushchi. Chastyna 1: Pokrytonasinni]. Kyiv: Phytosociocenter. [In Ukrainian].
 8. Kochno, M. A., Trofymenko, N. M., Parkhomenko, L. I., et al. (2005). *Dendroflora of Ukraine. Wild and cultivated trees and shrubs. Part 2: Angiosperms* [Dendroflora Ukrainy. Dykorosli ta kultyvovani dereva y kushchi. Chastyna 2: Pokrytonasinni]. Kyiv: Phytosociocenter. [In Ukrainian].
 9. Kovalenko, A. A. (2014). Functions of green plantings in the city [Funktsii zelenykh nasadzhenn mista]. *Urban Development and Territorial Planning*, 53, 204–208. [In Ukrainian].
 10. Krivomaz, T. I., & Savchenko, A. M. (2021). Adaptation of urban development sectors to climate change [Adaptatsiia sektoriv miskoho rozvytku do klimatychnykh zmin]. *Ecological Safety and Nature Management*, 38(2), 64–78. <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2021.2.64-78> [In Ukrainian].
 11. Kucheriavyi, V. P., Henyk, Y. V., Kucheriavyi, V. S., Shuplat, T. I., & Hotsii, N. D. (2023). Ecospatial and thermophysical features of the “urban heat island” of central Lviv and tree vitality [Ekoprostorovi ta teplofizychni osoblyvosti formuvannia «ostrova tepla» Lvivskoho seredmistia i zhyttievist derevnykh roslyn]. *Scientific Bulletin of NLTU of Ukraine*, 33(3), 23–33. <https://doi.org/10.36930/40330304> [In Ukrainian].
 12. Litvynenko, S. H., Kyklyuk, M. I., & Blyakharska, L. O. (2017). Results of the inventory of green plantings in Chernivtsi city [Pidsumky inventaryzatsii zelenykh nasadzhenn mista Chernivtsi]. *Scientific Bulletin of NLTU of Ukraine*, 27(1), 48–53. <https://doi.org/10.15421/40270110> [In Ukrainian].
 13. Martynenko, V. H. (2010). Horse chestnut leaf miner in Ukraine [Kashtanova minuiucha mil v Ukraini]. *Scientific Notes*, 10(1), 61–62.
 14. Masalskyi, V. P., & Kuznietsov, S. I. (2018). Impact of park plantings on the temperature regime of the urban environment [Vplyv parkovykh nasadzhenn na temperaturnyi rezhym urbanizovanoho seredovyscha]. *Scientific Bulletin of NLTU of Ukraine*, 28(7), 49–52. <https://doi.org/10.15421/40280710> [In Ukrainian].
 15. Matkovska, S. I., Svitelskyi, M. M., Ishchuk, O. V., Pinkina, T. V., Fediuchka, M. I., & Solomatina, V. D. (2019). Ecological role of *Acer* L. species in green plantings of Zhytomyr [Ekolohichna rol predstavnykiv rodu *Acer* L. u zelenykh nasadzhenniakh mista Zhytomyr]. *Scientific Bulletin of NLTU of Ukraine*, 29(1), 70–73. <https://doi.org/10.15421/40290115> [In Ukrainian].
 16. Melnychuk, N. Y., & Henyk, Y. V. (2019). Ecological and biological principles of forming garden-park compositional groups in Lviv's parks [Ekoloho-biolohichni osnovy formuvannia sadovo-parkovykh kompozytsiinykh hrup parkiv mista Lvova.]. *Scientific Bulletin of NLTU of Ukraine*, 29(6), 9–13. <https://doi.org/10.15421/40290601> [In Ukrainian].
 17. Mironchuk, K. V., & Kurnytska, M. P. (2021). Dust-protective function of hedgerows in urban ecosystems of Chernivtsi region [Pylozakhysna funktsiia zhyvoplotiv na prykladi urboekosystem Chernivetskoi oblasti]. *Scientific Bulletin of NLTU of Ukraine*, 31(4), 48–53. <https://doi.org/10.36930/40310407> [In Ukrainian].
 18. Moser, A., Rötzer, T., Pauleit, S., & Pretzsch, H. (2015). Structure and ecosystem services of small-leaved lime (*Tilia cordata* Mill.) and black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) in urban environments. *Urban Forestry & Urban Greening*, 14(4), 1110–1121. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2015.10.005>
 19. Pavlyshak, Y. Y., Dankiv, V. Y., & Shpek, M. P. (2022). Dendrofloristic composition of street plantings in Drohobych [Dendroflorystychnyi sklad vulychnykh nasadzhenn mista Drohobych]. *Ecological Sciences*, 3(42), 175–180. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.3-42.29> [In Ukrainian].
 20. Pototska, S. O. (2017). Dendrological aspects of the Greening Concept of Chernihiv city [Dendrolohični aspekty Kontseptsii ozelenennia mista Chernihova]. *Scientific Notes of Ternopil National Pedagogical University Named After V. Hnatyuk: Biology*, 69(2), 35–40. [In Ukrainian].
 21. Rahman, M. A., Moser, A., Rötzer, T., & Pauleit, S. (2019). Comparing the transpirational and shading effects of two contrasting urban tree species. *Urban Ecosystems*, 22(4), 683–697. <https://doi.org/10.1007/s11252-019-00853-x>
 22. Reshetiuk, O. V. (2023). Comprehensive analysis of the dendroflora of the park-monument of garden-park art named after F. Schiller (Chernivtsi) [Kompleksnyi analiz dendroflory parku-pamiatky sadovo-parkovoho mystetstva imeni F. Shyllera (m. Chernivtsi)]. *Scientific Bulletin of NLTU of Ukraine*, 33(5), 28–39. <https://doi.org/10.36930/40330504> [In Ukrainian].
 23. Rohovskyi, S. V., & Krupa, N. M. (2018). Current state of tree plantings on Kontraktova Square in Kyiv and prospects for reconstruction [Suchasnyi stan derevnykh nasadzhenn na Kontraktovii ploshchi Kyieva ta perspektyvy yikh rekonstruktsii]. *Scientific Bulletin of NLTU of Ukraine*, 28(7), 60–65. <https://doi.org/10.15421/40280713> [In Ukrainian].
 24. Romaniuk, O. M., & Romaniuk, V. V. (2022). Comprehensive analysis of the taxonomic, age, and biometric structure of old trees in Chernivtsi [Kompleksnyi analiz systematychnoi, vikovoi ta taksatsiinoi struktury vikovykh derev m. Chernivtsi.]. *Scientific Bulletin of Chernivtsi University. Biology (Biological Systems)*, 14(2), 188–192. <https://doi.org/10.31861/biosystems2022.02.188> [In Ukrainian].
 25. Romaniuk, O. M., & Romaniuk, V. V. (2024). Comprehensive characteristics of old trees in the park of the Chernivtsi Regional Psychiatric Hospital [Kompleksna kharakterystyka vikovykh derev parku Chernivetskoi oblasnoi psykhiatrychnoi likarni]. *Scientific Bulletin of Chernivtsi University. Biology (Biological Systems)*, 16(3), 319–324. <https://doi.org/10.31861/biosystems2024.03.319> [In Ukrainian].
 26. Savo, V., D'Amato, L., Bartoli, F., Zappitelli, I., &

- Caneva, G. (2025). Evaluation of main regulating, provisioning, and supporting ecosystem services of urban street trees: A literature review. *Ecosystem Services*, 71, 101690. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2024.101690>
27. Zhang, C., Stratopoulos, L. M. F., Pretzsch, H., & Rötzer, T. (2019). How do *Tilia cordata* 'Greenspire' trees cope with drought stress regarding their biomass allocation and ecosystem services? *Forests*, 10(8), 676. <https://doi.org/10.3390/f10080676>
28. Zibtseva, O. V. (2015). Level of greening in small towns of Kyiv region as an indicator of sustainable development [Riven ozelenennia riadu malykh mist Kyivshchyny yak indykator staloho rozvytku]. *Problems of Urban Environment Development*, 2, 147–154. [In Ukrainian].

GIS-BASED INVENTORY OF STREET TREES AS A TOOL FOR MANAGING URBAN GREEN INFRASTRUCTURE IN CHERNIVTSI

A. V. Zhuk, I. I. Myshiliuk

Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University,
2 Kotsiubynskyi St., Chernivtsi, 58012, Ukraine
e-mail: a.zhuk@chnu.edu.ua, myshiliuk.iryana@chnu.edu.ua

This paper presents the results of a study of street tree plantings in the central part of Chernivtsi, aimed at developing approaches for creating a GIS-based electronic inventory to optimize urban green infrastructure management. An inventory of 446 trees across eight streets in the historic city center revealed a predominance of native species (67.3%), including *Tilia cordata*, *Acer platanoides*, and *Fraxinus excelsior*, alongside the presence of invasive species (28.9%), such as *Acer negundo* and *Robinia pseudoacacia*. The methodology included route surveys, instrumental measurements of morphometric parameters, and qualitative condition assessments using a three-point scale. The results showed that 73% of the trees were in good condition, 23% in fair condition, and 4% in poor condition, with notable damage to *Aesculus hippocastanum* caused by the horse-chestnut leaf miner (*Cameraria ohridella*). The study substantiates the need for GIS-based tree inventory as an effective tool for managing the city's green infrastructure. An interactive database containing information on 8,538 trees across 82 sites was developed using the *Cvtrees* platform and integrated into the city's geographic information system. The spatial integration of the collected data enabled not only the visualization of the current state of urban greenery but also the analysis of its distribution, condition, and renewal needs. The proposed approach supports improved monitoring, informed decision-making, and long-term planning of urban greening initiatives.

Keywords: dendroflora, street trees, green space inventory, digital tree survey, urban greening

Отримано редколегією 29.05.2025 р.

ORCID ID

Аліна Жук: <http://orcid.org/0000-0002-0405-8037>

Ірина Мишілюк: <https://orcid.org/0000-0001-9188-3416>