



## ЕКОЛОГІЯ

УДК 330.15:332.1:336.2:502/504

DOI <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.5.2023.12>

### ОЦІНЮВАННЯ ЕКОСИСТЕМНИХ ПОСЛУГ ЗЕЛЕНИХ НАСАДЖЕНЬ ПАРКУ КУЛЬТУРИ Й ВІДПОЧИНКУ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА (МІСТО КРЕМЕНЕЦЬ) З ВИКОРИСТАННЯМ ІНСТРУМЕНТУ I-TREE ESO

О.Б. Бондар<sup>1</sup>, Є. Є. Мельник<sup>2</sup>, Л. О. Бицюра<sup>3</sup>, О. І. Дух<sup>4</sup>, О. М. Ярема<sup>5</sup>, В. В. Файфура<sup>6</sup>

<sup>1</sup> кандидат сільськогосподарських наук, доцент,  
доцент кафедри екології та охорони здоров'я  
(Західноукраїнський національний університет, м. Тернопіль)  
e-mail: olexandr.bondar91@gmail.com  
ORCID: 0000-0002-3448-8943

<sup>2</sup> кандидат сільськогосподарських наук,  
старший науковий співробітник сектору екології лісу  
(Український орден «Знак пошани» науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісо-  
меліорації імені Г. М. Висоцького, м. Харків)  
e-mail: wudckij@gmail.com  
ORCID: 0000-0002-9821-2751

<sup>3</sup> кандидат економічних наук,  
завідувач кафедри екології та охорони здоров'я  
(Західноукраїнський національний університет, м. Тернопіль)  
e-mail: l.bytsyura@wunu.ua  
ORCID: 0000-0002-9476-011X

<sup>4</sup> кандидат біологічних, доцент,  
доцент кафедри біології, екології та методик їх навчання  
(Кременецька обласна гуманітарно-педагогічна академія імені Тараса Шевченка, м. Кременець)  
e-mail: olja\_dykh@ukr.net  
ORCID: 0000-0003-3650-9813

<sup>5</sup> кандидат біологічних наук,  
доцент кафедри екології та охорони здоров'я  
(Західноукраїнський національний університет, м. Тернопіль)  
e-mail: jaremaom@tdmu.edu.ua  
ORCID: 0000-0002-6839-2253

<sup>6</sup> кандидат економічних наук,  
доцент кафедри екології та охорони здоров'я  
(Західноукраїнський національний університет, м. Тернопіль)  
e-mail: v.faufura@wunu.edu.ua  
ORCID: 0000-0003-4040-0028

Актуальність оцінювання екосистемних послуг зелених насаджень парку культури і відпочинку імені Т. Шевченка за допомогою інструменту *i-Tree Eco* полягає в тому, що це дозволяє науково обґрунтувати важливість зелених зон для міста, здоров'я громадян, а також визначити способи оптимізації догляду та розвитку парку, збалансувавши його роль як природного резервуара, місця для відпочинку та рекреації, а також ресурсу для покращення якості повітря та зменшення викидів вуглецю в місті. Це допомагає ухвалювати оптимальні рішення щодо управління та розвитку зеленої інфраструктури в контексті сталого розвитку та забезпечення комфортного життя міського населення.

Метою роботи є оцінка екосистемних послуг зелених насаджень парку культури і відпочинку імені Т. Шевченка з використанням інструменту *i-Tree Eco*.

Для аналізу екосистемних послуг зелених насаджень парку імені Т. Шевченка за допомогою інструменту *i-Tree Eco* можна використовувати такі методи, як збір і аналіз даних про розмір і стан дерев, оцінку кількості депонованого вуглецю, а також вимірювання їхнього впливу на якість повітря та міське середовище. Додатково можна провести оцінку вартості екосистемних послуг, як-от зменшення шуму та температури повітря, збереження водних ресурсів і поліпшення естетики парку, щоб визначити їх важливість для місцевого середовища.

У результаті досліджень під визначення екосистемних послуг виміряно 77 дерев. Так, найбільш поширеними видами є каштан кінський (*Aesculus hippocastanum* L.), липа дрібнолиста (*Tilia cordata* Mill.), береза бородавчаста (*Betula pendula* Roth.).

У розподілі розмірів дерев у парку культури і відпочинку імені Т. Шевченка спостерігається значна різноманітність. Більшість дерев (53,3%) мають діаметр у діапазоні від 18,1 до 30,0 см, тоді як приблизно третина (27,3%) перебуває в діапазонах 12,1–18,0 і 30,1–36,0 см. Лише невелика кількість дерев (14,3%) мають діаметр від 3,1 до 12,0 см.

Насадження парку має значний потенціал для депошування вуглецю та запобігання стоку. Він утримує 131,10 т вуглецю на загальну суму 657 184,21 гривень і зменшує стік на 40 812,45 га / рік на суму 10 611,23 гривень.

Наукова новизна цього дослідження полягає у використанні інструмента *i-Tree Eco* для оцінки екосистемних послуг у конкретному парку культури і відпочинку імені Т. Шевченка. Цей підхід дозволяє визначити конкретні екологічні користі та вартість зелених насаджень для цього конкретного місця, що може бути унікальним для даного парку та служити прикладом для подібних досліджень у таких місцях.

Проведення оцінки екосистемних послуг зелених насаджень парку культури і відпочинку імені Т. Шевченка з використанням інструменту *i-Tree Eco* сприятиме усвідомленню важливості та цінності парків у містах, допоможе виробити ефективні стратегії управління та збереження зелених зон, покращити якість життя місцевого населення.

**Ключові слова:** парк, екосистемні послуги, каштан кінський, береза бородавчаста, м. Кременець, вуглець, вид дерева, поверхневий стік.

## ASSESSMENT OF ECOSYSTEM SERVICES OF GREEN SPACES IN THE T. SHEVCHENKO PARK OF CULTURE AND RECREATION (KREMENETS) USING THE I-TREE ECO

**O. B. Bondar, Ye. Ye. Melnyk, L. O. Bytsiura, O. I. Dukh, O. M. Yarema, V. V. Faifura**

The relevance of assessing the ecosystem services of the green spaces of the Taras Shevchenko Park for Culture and Recreation using the *i-Tree Eco* tool is that it allows to scientifically substantiate the importance of green areas for the city, the health of citizens, and to identify ways to optimize the care and development of the park, balancing its role as a natural reservoir, a place for rest and recreation, as well as a resource for improving air quality and reducing carbon emissions in the city. This helps to make informed decisions on the management and development of green infrastructure in the context of sustainable development and ensuring a comfortable life for the urban population. The aim of the study is to assess the ecosystem services of the green spaces of the Taras Shevchenko Park for Culture and Recreation using the *i-Tree Eco* tool.

The *i-Tree Eco* tool can be used to analyze the ecosystem services of the green spaces of Taras Shevchenko Park, such as collecting and analyzing data on the size and condition of trees, estimating the amount of carbon stored, and measuring their impact on air quality and the urban environment. Additionally, the value of ecosystem services such as noise and air temperature reduction, water conservation, and improved park aesthetics can be assessed to determine their importance to the local environment. The results of the research for the definition of ecosystem services included 77 trees. Thus, the most

common species are horse chestnut (*Aesculus hippocastanum* L.), small-leaved linden (*Tilia cordata* Mill.), and warty birch (*Betula pendula* Roth.).

The distribution of tree sizes in the Taras Shevchenko Park for Culture and Recreation shows considerable diversity. The majority of trees (53,3%) have a diameter between 18,1 and 30,0 cm, while about a third (27,3%) are in the ranges of 12,1–18,0 cm and 30,1–36,0 cm. Only a small number of trees (14,3%) have a diameter between 3,1 and 12,0 cm.

The Park's plantation has a significant potential for carbon sequestration and runoff prevention. It holds 131,10 tons of carbon for a total of 657 184,21 UAH and reduces runoff by 40 812,45 ha/year for a total of 10 611,23 UAH.

The scientific novelty of this study is the use of the i-Tree Eco tool to assess ecosystem services in a specific Taras Shevchenko Park. This approach allows us to determine the specific environmental benefits and value of green spaces for this particular location, which can be unique to this park and serve as an example for similar studies in similar locations.

The assessment of the ecosystem services of the green spaces of the Taras Shevchenko Park for Culture and Recreation using the i-Tree Eco tool will contribute to the awareness of the importance and value of parks in cities, help to develop effective strategies for the management and conservation of green areas and improve the quality of life of the local population.

**Key words:** park, ecosystem services, horse chestnut, warty birch, Kremenets, carbon, tree species, surface runoff.

## Вступ

Екосистемні послуги є невід'ємною частиною нашого природного середовища, надають користь людям і природі водночас. Особливо в міських областях зелені насадження відіграють важливу роль у забезпеченні різноманітних екосистемних послуг, які покращують якість життя місцевого населення та сприяють збереженню навколишнього середовища. Ці послуги включають зменшення рівня забруднення повітря, регулювання кліматичних процесів, підтримку біорозмаїття та створення естетичного оточення (Cimburova & Barton, 2020; Emily et al., 2020; Lin et al., 2021).

Оцінювання екосистемних послуг, наданих зеленими насадженнями, дуже важливе для розуміння їхньої суспільної вагомості, підтримки їх збереження та подальшого розвитку. Цей процес допомагає визначити, наскільки важливо зберігати зелені зони в міському середовищі, мотивує до вжиття заходів для їх підтримки, збереження та навіть покращення (Szkop, 2020; Yao et al., 2022).

Інструмент i-Tree Eco – це потужне програмне забезпечення, яке дозволяє обробляти дані, зібрані під час інвентаризації дерев і лісів. Цей інструмент ураховує інформацію про місцеве забруднення повітря та метеорологічні дані для визначення впливу лісової екосистеми на навколишнє природне середовище (I-Tree Eco, 2023).

Д. Бідолах і його колеги використали інструмент i-Tree Eco для інвентаризації дерев і кущів на ринку в місті Бережани Тернопільської області. Результати цієї інвентаризації показали, що вартість дерев-

но-кущової рослинності на цій території становить 4,993 млн доларів, що відображає річний внесок цих рослин у надання екосистемних послуг. Ці послуги включають зменшення забруднення навколишнього середовища, поглинання та зберігання вуглецю та регулювання водного стоку (Бідолах та ін., 2023).

О. Василюк і Л. Ільмінська розглянули концепцію «екосистемного добробуту» та розробили власну методологію оцінки екосистемних послуг, беручи до уваги унікальність українських біотопів. Вони також адаптували світову класифікацію екосистемних послуг CICES до українських умов і назвали її CICES-UA (Василюк і Ільмінська, 2023).

Аналіз концепції екосистемних послуг і їхню актуальність для сучасного суспільства відзначено Анною Варухою, яка розглянула методи оцінки економічної цінності цих послуг і їхній вплив на природне середовище (Варуха, 2022). У її праці також розглянуто можливість використання екосистемного підходу для визначення й оцінювання збитків для екосистем і біорозмаїття України в умовах військових конфліктів.

## Матеріал і методи

Для оцінки екосистемних послуг насаджень у парку культури і відпочинку імені Т. Шевченка були виміряні такі характеристики, як: діаметр стовбура дерева (за допомогою мірної вилки), висота дерева (за допомогою висотоміра Анучіна), ширина крони (виміряна в північно-південному та західно-східному напрямках) і частка крони, де листя відсутнє. Після цього отримані значення були введені у програмний інструмент i-Tree Eco для автоматичного

аналізу й обробки даних. Схема-карта парку культури і відпочинку ім. Т. Шевченка зроблена за допомогою програми Google Maps (рис. 1).

Значення важливості розраховуються як сума відсотка популяції та відсотка площі листя. Це не означає, що ці дерева обов'яз-

ково треба заохочувати в майбутньому; радше ці види нині домінують у структурі міських лісів.

### Результати та обговорення

Парк культури і відпочинку ім. Т. Шевченка розташований на вулиці Т. Шевченка (м. Кременець Тернопільської обл.). Загалом

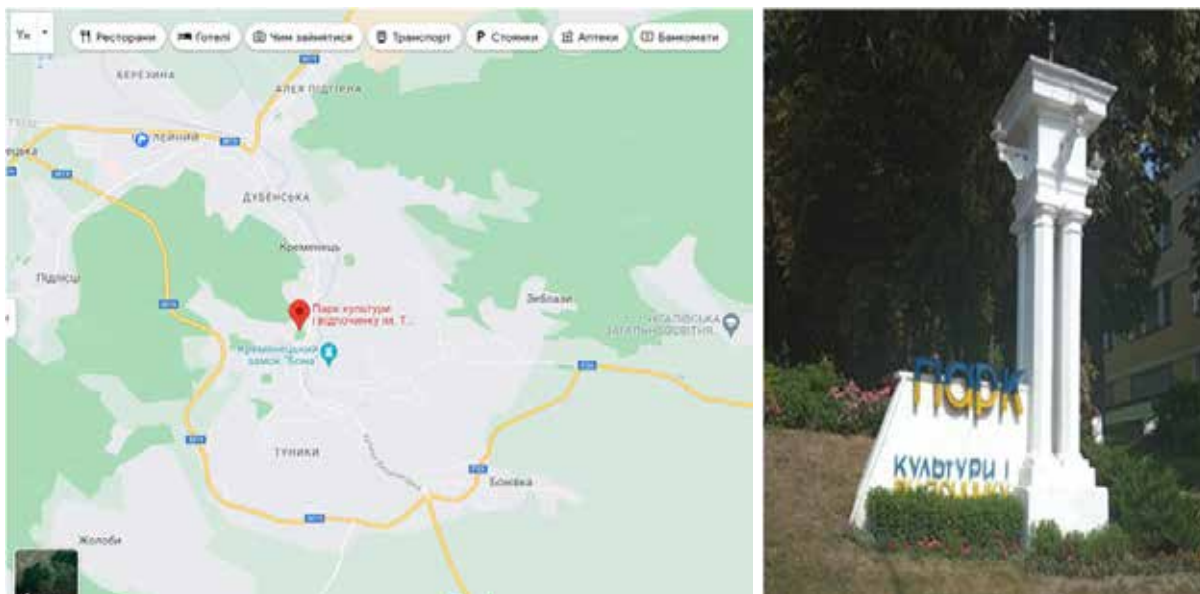


Рис. 1. Схема-карта розташування парку культури і відпочинку ім. Т. Шевченка

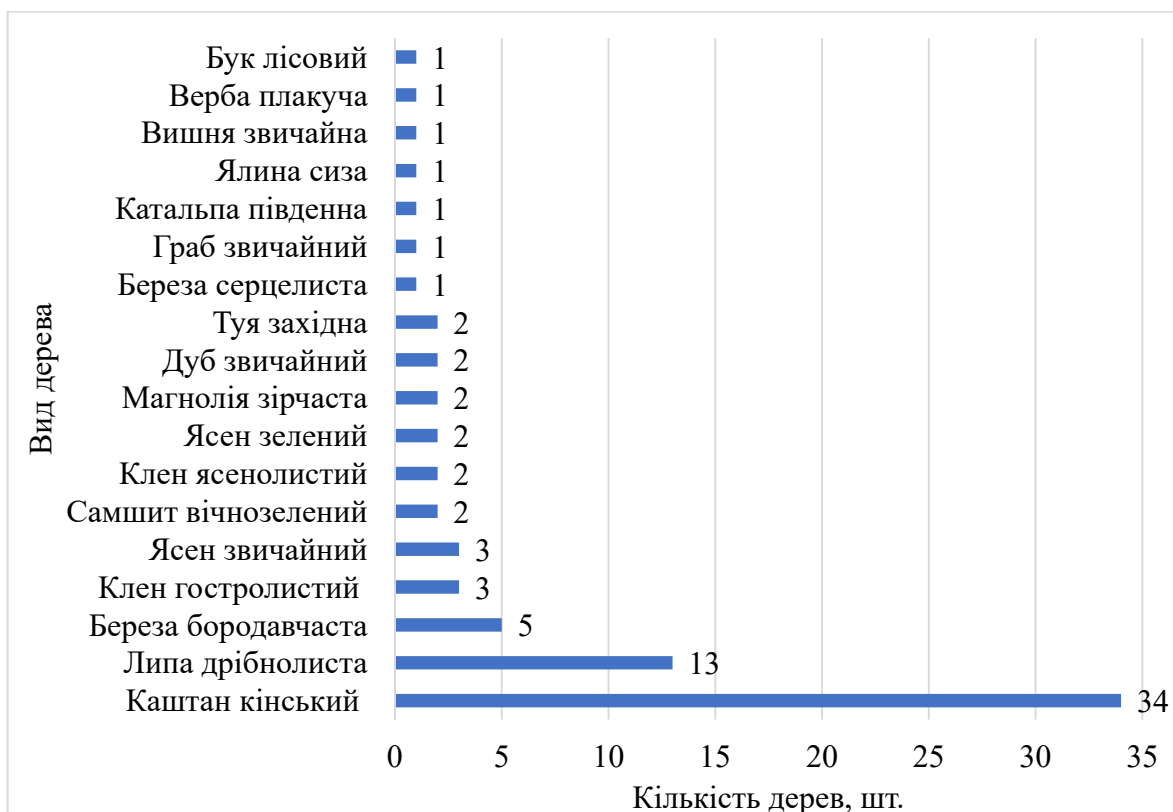


Рис. 2. Розподіл кількості дерев на території парку культури і відпочинку ім. Т. Шевченка

на даній території здійснили обмір 77 дерев (рис. 2). Видовий склад досить різноманітний, найбільш поширеними видами є каштан кінський (44,2%), липа дрібнолиста (16,9%) і береза дрібнолиста (6,5%). Інші види трапляються поодинокі.

Розподіл дерев за розмірами на території парку є різним (рис. 3). Більше половини дерев (53,3%) має діаметр від 18,1 до 30,0 см. Майже третина дерев (27,3%) має діаметр 12,1–18,0 і 30,1–36,0 см. Лише невелика частина дерев (14,3%) має діаметр від 3,1 до 12,0 см.

Міські лісові екосистеми являють собою складне поєднання місцевих та інтродукованих видів дерев, вони відзначаються вищим рівнем видового розмаїття, ніж традиційні природні ландшафти на місь-

ких територіях. Підвищена диверсифікація видів дерев може слугувати захистом від загальних впливів, як-от шкідливі комахи або захворювання, але водночас вона може створювати потенційні загрози для аборигенних рослин, якщо деякі інтродуковані види стають інвазійними та здатними конкурувати з автохтонними видами за ресурси та простір, що може призвести до їх витіснення з екосистеми.

За ареалом походження види дерев мають різну частку (рис. 4). Більше половини (59,7%) належать до Європейського й Азійського регіонів. З них 27,3% – європейські види. Походження з Північної Америки й Азії мають 10,4% видів. Ще 2,6% становлять дерева з невизначеним ареалом поширення.

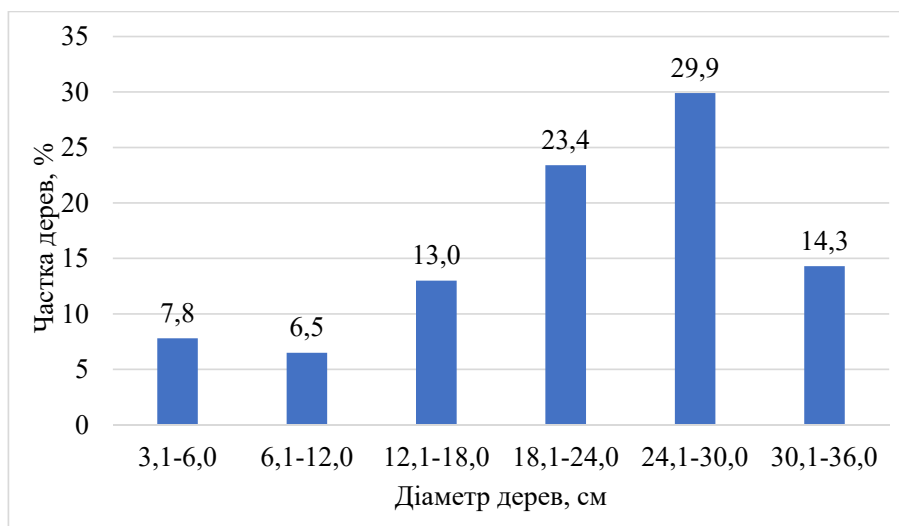


Рис. 3. Розподіл дерев за діаметром на території парку культури і відпочинку ім. Т. Шевченка

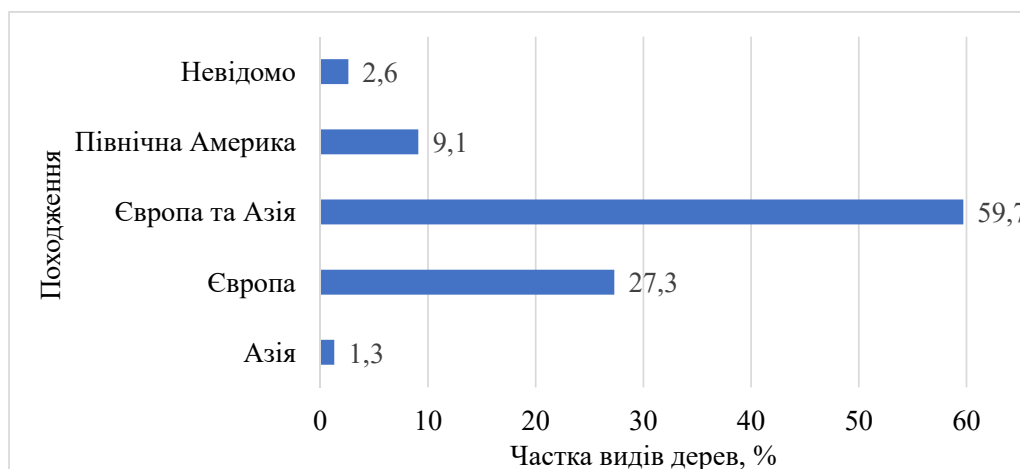


Рис. 4. Частка видів дерев за ареалом походженням на території парку культури і відпочинку ім. Т. Шевченка

Таблиця 1

Значення дерев за часткою листкової поверхні

Вид дерев	Частка листкової поверхні, %	Важливість
Каштан кінський	68,1	112,2
Липа дрібнолиста	8,3	25,2
Ясен звичайний	6,0	9,9
Береза бородавчаста	1,7	8,2
Клен гостролистий	2,9	6,8
Ясен зелений	3,5	6,1
Самшит вічнозелений	2,3	4,9
Клен ясенolistий	2,3	4,9
Магнолія зірчаста	0,6	3,2
Дуб звичайний	0,4	3,0
Катальпа південна	1,6	2,9
Туя західна	0,2	2,6
Граб звичайний	0,9	2,2
Вишня звичайна	0,5	1,8
Береза серцелиста	0,5	1,8
Ялина сиза	0,4	1,7
Верба плакуча	0,1	1,4
Бук лісовий	0,1	1,4

У парку відпочинку та культури ім. Тараса Шевченка за площею листкової поверхні домінують такі види, як каштан звичайний (68,1%), липа дрібнолиста (8,3%), ясен звичайний (6,0%) (табл. 1).

Дерева виконують важливу роль у біогеохімічному циклі вуглецю, оскільки вони усмоктують вуглекислий газ (CO<sub>2</sub>) з атмосфери через процес фотосинтезу та перетворюють його на органічні речовини, які зберігаються в різних частинах дерева, як-от стовбури, гілки, листя та коріння. Окрім того, дерева виконують іншу корисну функцію, а саме захищають ґрунт від втрати вуглецю через ерозію, сприяють покращенню структури та родючості ґрунту, а також сприяють розвитку корисних мікроорганізмів та інших живих істот.

Насадження парку має значний потенціал для депонування вуглецю та запобігання стоку. Він утримує 131,10 т вуглецю на загальну суму 657 184,21 грн, зменшує стік на 40 812,45 га / рік на суму 10 611,23 грн. З 18 видів дерев, які роблять найбільший внесок у ці процеси, можна виділити такі: каштан кінський, липу дрібнолисту, клен гостролистий, ясен звичайний, ясен зелений, самшит вічнозелений, клен ясенolistий, катальпу південну та березу бородавчасту (табл. 2).

Дослідження було проведено в рамках ініціативи «Академія i-Tree4UA» Громадської

організації «Український екологічний клуб «Зелена хвиля». У рамках цього проєкту була

Таблиця 2

Накопичення вуглецю та запобігання стоку дерева

Вид дерева	Накопичення вуглецю		Запобігання стоку	
	т	грн	(га/рік)	(год/рік)
Самшит вічнозелений	4,06	20 339,87	940,52	244,54
Клен гостролистий	6,89	34 513,58	1 172,78	304,92
Клен ясенolistий	2,66	13 340,84	925,26	240,57
Каштан кінський	81,72	409 650,31	27 780,76	7 223,00
Береза бородавчаста	5,39	26 996,52	704,44	183,15
Береза серцелиста	1,71	8 577,14	187,42	48,73
Граб звичайний	1,16	5 802,94	364,80	94,85
Катальпа південна	2,15	10 782,74	657,39	170,92
Ясен зелений	4,13	20 689,07	1 425,77	370,70
Ясен звичайний	6,57	32 939,32	2 436,28	633,43
Магнолія зірчаста	0,08	414,99	251,25	65,32
Ялина сиза	0,15	736,20	154,21	40,09
Вишня звичайна	0,56	2 786,96	202,64	52,69
Дуб звичайний	0,17	847,48	169,25	44,00
Верба плакуча	0,01	56,83	24,31	6,32
Бук лісовий	0,25	1 255,91	24,16	6,28
Туя західна	0,11	533,42	12,55	3,26
Липа дрібнолиста	13,35	66 920,08	3 378,67	878,45
Разом	131,10	657 184,21	40 812,45	10 611,23



Рис. 5. Здійснення інвентаризації дерев

виконана інвентаризація дерев, що ростуть в парку імені Тараса Шевченка (рис. 5).

Перспективи подальших досліджень. Для оцінки екосистемних послуг парку ім. Тараса Шевченка за допомогою i-Tree Eco дослідники мають перспективи вивчити різні типи природних середовищ, порівняти їхній внесок у різних місцях. Також вони можуть дослідити вплив кліматичних змін на екосистеми, а також їхні функції та послуги. Іншими перспективами є розроблення ефективних заходів для охорони та покращення зелених територій у містах, створення детальних та індивідуальних планів управління парком на основі результатів оцінки екосистемних послуг для сталого розвитку та задоволення потреб мешканців міста.

#### Висновки

Результати досліджень, проведених для визначення екосистемних послуг, вказують на значну різноманітність розмірів дерев у парку культури і відпочинку ім. Т. Шевченка. За результатами вимірювань 77 дерев виявлено, що найпоширенішими видами є каштан кінський (*Aesculus*

*hippocastanum* L.), липа дрібнолиста (*Tilia cordata* Mill.) і береза бородавчаста (*Betula pendula* Roth).

Щодо розмірів, більшість дерев (53,3%) мають діаметр у діапазоні від 18,1 до 30,0 см, тоді як приблизно третина (27,3%) перебувають у діапазонах 12,1–18,0 і 30,1–36,0 см. Лише невелика кількість дерев (14,3%) мають діаметр від 3,1 до 12,0 см.

Важливо відзначити, що насадження в парку має значний потенціал для збереження (депонування) вуглецю та запобігання стоку. Воно вміщує 131,10 т вуглецю, що за вартістю становить 657 184,21 грн. Також парк сприяє зменшенню стоку на площі 40 812,45 га щорічно, що еквівалентно 10 611,23 грн економічних вигід.

Отже, парк відіграє важливу роль як у збереженні природного середовища, так і в економічному плані, робить значний внесок у збереження вуглецю та зменшення стоку. Результати цього дослідження підкреслюють необхідність дбайливого ставлення до парків і природних зон для забезпечення ними екосистемних послуг.

#### Список використаної літератури

i-Tree Eco [Електронний ресурс]. URL: <https://www.itreetools.org/tools/i-tree-eco> (дата звернення 20.09.2023).

Бідолах Д.І., Василюшин Р.Д., Миронюк В.В., Кузьович В.С., Підховна С.М. Оцінювання екосистемних послуг зелених насаджень з використанням інструменту i-Tree Eco. *Науковий вісник НАТУ України*. 2023, т. 33, № 2. С. 07–13. <https://doi.org/10.36930/4033Q201>

Варуха А. Огляд підходів з оцінки екосистемних послуг через призму їхнього застосування для визначення збитків, завданих військовими діями рф на території України. За заг. ред. О. Кравченко. Львів: «Компанія.Манускрипт», 2022. 56 с.

Василюк О., Варуха А., Куземко А., Мойсієнко І., Коломицев Г., Спрягайло О., Лаврінєнко Ка., Сіренко І., Чусова О., Садогурська С., Безсмертна О. Екосистемний добробут: методика обрахунку екосистемних послуг непрямыми методами. Чернівці : Друк Арт, 2023. 184 с.

Cimburova Z., Barton D.N. The potential of geospatial analysis and Bayesian networks to enable i-Tree Eco assessment of existing tree inventories, *Urban Forestry & Urban Greening*, 55, 2020, 126801, <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126801>.

Emily R., Francesco P., Basu A. S., Basu B. Investigating the effect of trees on urban quality in Dublin by combining air monitoring with i-Tree Eco model, *Sustainable Cities and Society*, 61, 2020, 102356, <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102356>.

Lin J., Kroll C.N., Nowak D.J. An uncertainty framework for i-Tree eco: A comparative study of 15 cities across the United States, *Urban Forestry & Urban Greening*, 60, 2021, 127062, <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127062>.

Szkop Z. Evaluating the sensitivity of the i-Tree Eco pollution model to different pollution data inputs: A case study from Warsaw, Poland, *Urban Forestry & Urban Greening*, 55, 2020, 126859, <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126859>.

Yao Y., Wang Y., Ni Z., Chen S., Xia B. Improving air quality in Guangzhou with urban green infrastructure planning: An i-Tree Eco model study, *Journal of Cleaner Production*, 369, 2022, 133372, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133372>.

### References (translated & transliterated)

I-Tree Eco (2023) [Electronic resource] URL: <https://www.itreetools.org/tools/i-tree-eco> ((access date 20.09.2023) [in English]

Bidolakh, D.I., Vasylyshyn, R.D., Myroniuk, V.V., Kuzovych, V.S., & Pidkhovna S. M. (2023). Otsiniuvannia ekosystemnykh posluh zelenykh nasadzen z vykorystanniam instrumentu i-Tree Eco [Evaluation of ecosystem services of urban green spaces using i-Tree Eco tool]. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy [Scientific Bulletin of UNFU]*, 33, 2. P. 07–13 [in Ukrainian].

Varukha, A. (2022). Ohliad pidkhodiv z otsinky ekosystemnykh posluh cherez pryzmu yikhnoho zastosuvannia dlia vyznachennia zbytkiv, zavdanykh viiskovymy diiamy rf na terytorii Ukrainy [Review of approaches to the assessment of ecosystem services through the prism of their application to determine the damage caused by the military actions of the Russian Federation on the territory of Ukraine] Lviv, «Kompaniia. «Manuskrypt»» [in Ukrainian].

Vasyliuk, O., Varukha, A., Kuzemko, A., Moisiienko, I., Kolomytsev, H., Spriahailo, O., Lavrinenko, Ka., Sirenko, I., Chusova, O., Sadohurska, S., & Bezsmertna, O. (2023). Ekosystemnyi dobrobut: metodyka obrakhunku ekosystemnykh posluh nepriamymy metodamy [Ekosystemnyi dobrobut: metodyka obrakhunku ekosystemnykh posluh nepriamymy metodamy] Chernivtsi, Druk Art [in Ukrainian].

Cimburova, Z., & Barton, D.N. (2020). The potential of geospatial analysis and Bayesian networks to enable i-Tree Eco assessment of existing tree inventories, *Urban Forestry & Urban Greening*, 55, 126801, <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126801> [in English].

Emily, R., Francesco, P., Basu, A.S., & Basu, B. (2020). Investigating the effect of trees on urban quality in Dublin by combining air monitoring with i-Tree Eco model, *Sustainable Cities and Society*, 61, 102356, <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102356> [in English].

Lin, J., Kroll, C.N., & Nowak, D.J. (2021). An uncertainty framework for i-Tree eco: A comparative study of 15 cities across the United States, *Urban Forestry & Urban Greening*, 60, 127062, <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127062> [in English].

Szkop, Z. (2020). Evaluating the sensitivity of the i-Tree Eco pollution model to different pollution data inputs: A case study from Warsaw, Poland, *Urban Forestry & Urban Greening*, 55, 126859, <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126859> [in English].

Yao, Y., Wang, Y., Ni, Z., Chen, S., & Xia, B. (2022) Improving air quality in Guangzhou with urban green infrastructure planning: An i-Tree Eco model study, *Journal of Cleaner Production*, 369, 133372, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133372> [in English].

Отримано: 25.09.2023  
Прийнято: 16.10.2023