

**ЗВІТ I-TREEECO
З АНАЛІЗУ ЕКОСИСТЕМИ МІСЬКИХ ЗЕЛЕНИХ ЗОН**

ВПЛИВ ТА ЦІННІСТЬ МІСЬКИХ ЗЕЛЕНИХ ЗОН

РОТАРІ-ПАРК В МІСТІ УЖГОРОД



ЛИПЕНЬ-СЕРПЕНЬ 2022



Проект "Прозора та партисипативна система інвентаризації зелених зон в Україні: iTree4UA" реалізується на національному рівні для повномасштабної адаптації інструменту i-Tree Eco в Україні в 2021-2022 рр.

Мета проєкту: забезпечити повну функціональність інструменту i-Tree Eco для повноцінного використання в усіх громадах України задля адаптації людей та довкілля до проявів зміни клімату

Період реалізації: вересень 2021 – грудень 2022 рр.

Партнери проєкту:

ГО "Еко клуб "Зелена Хвиля", м. Київ, – головний партнер проєкту
Davey Tree Expert Company (розробник продуктів i-Tree, США) – консультування та внесення даних на платформу i-Tree

ГО «Агентство сприяння сталого розвитку Карпатського регіону "ФОРЗА", м. Ужгород

ГО "Агенція Розвитку Розділля", м. Новий Розділ

ГО "Сприяння розвитку села", м. Демидів

ГО "Екологічний клуб "Край", м. Бережани

Звіт підготовлено в рамках проєкту "Прозора та партисипативна система Інвентаризації зелених зон в Україні: iTree4UA"

Проект виконується за фінансової підтримки Лісової служби Сполучених Штатів Америки

Відповідальність за зміст публікації несе ГО "ФОРЗА"

ЗМІСТ

Короткий огляд

I. Розташування міської зеленої зони

II. Характеристика міської зеленої зони

III. Покрив та листяна площа зеленої зони

IV. Зниження зеленою зоною забруднення повітря

V. Зберігання та уловлювання вуглецю

VI. Продукування кисню

VII. Запобігання поверхневим стокам

VIII. Відновна вартість та показники функційності

IX. Потенційний вплив шкідників

Додаток I. Модель i-TreeEco та польові вимірювання

Додаток II. Загальні рекомендації для покращення якості повітря

КОРОТКИЙ ОГЛЯД

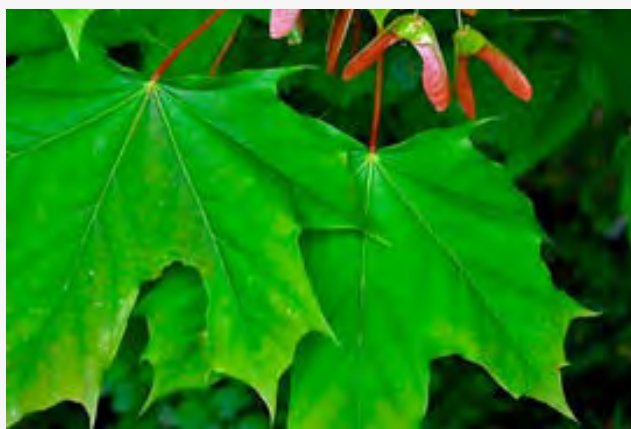
Розуміння структури, функції та цінності зелених зон у містах сприяє прийняттю управлінських рішень, націлених на покращення якості життя населення та стан довкілля. У серпні 2022 року за допомогою системи i-TreeEco було проведено аналіз даних щодо структури, функцій та цінності 189 великих дерев, що ростуть у м. Ужгород в Ротарі-парку. Даний звіт адаптовано за матеріалами Davey Institute (США) на основі польових даних, зібраних в Ужгороді на території Ротарі-парку та автоматично згенерованих результатів аналізу польових даних у програмному додатку i-TreeEco v 6.0.27.

Вихідні дані:

- Кількість дерев: 189
- Площа, вкрита деревами та кущами: 1,706 гектара
- Найбільш поширені породи дерев: гірकोштан звичайний, катальпа яйцеподібна, ясен зелений.
- Частка дерев діаметром менше 15.2 см: 11,6%
- Видалення забрудників повітря: 106,4 кг/рік (23,8 тисяч гривень/рік)
- Зберігання вуглецю: 139,8 метричні тони[1] (773 тисячі гривень)
- Уловлювання (секвестрація) вуглецю: 3,222 метричні тони (17,8 тисяч гривень/рік)

Клен ясенелистий

Клен гостролистий



Клен-явір

Гірकोштан звичайний

КОРОТКИЙ ОГЛЯД

- Продукування кисню: 8,593 метричні тони/рік
- Запобігання поверхневим стокам: 417,8 тисяч кубометрів/рік (28,7 тисяч гривень/рік)

Щодо методології i-TreeEco, яка була використана для формування даного звіту, дивіться додаток І.

Якісь зібраних даних на місцях залежить від якості роботи осіб, які збирали первинні дані, яку розробники i-Tree не контролюють.

Даний звіт адаптовано та перекладено з англійської ГО «Агентство сприяння сталому розвитку Карпатського регіону «ФОРЗА» в рамках проекту «Прозора та партисипативна система інвентаризації зелених зон в Україні: iTree4UA» за фінансової підтримки Лісової служби США. Зміст звіту може не відображати точку зору донора. Відповідальність за зміст звіту несе ГО «ФОРЗА».

І. РОЗТАШУВАННЯ МІСЬКОЇ ЗЕЛЕНОЇ ЗОНИ РОТАРІ-ПАРК ТА ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ



Рис. 1. Площа Ротарі-парку на MyMap by Google

[1]Метрична тона: 1000 кілограмів
Грошові показники подано в гривнях, де це можливо.
Звіт по екосистемних послугах базується на показниках, отриманих від оцінки дерев.

РОТАРІ-ПАРК В МІСТІ УЖГОРОД

**ІНШІ НАЗВИ: СКВЕР «РОТАРІЙСЬКИЙ»,
СКВЕР «СТУДЕНТСЬКИЙ»**

**РОЗТАШУВАННЯ: ПЕРЕХРЕСТЯ ПЛ. ДРУЖБИ
НАРОДІВ ТА СТУДЕНТСЬКОЇ НАБЕРЕЖНОЇ
ПЛОЩА ПІД СКВЕРОМ: 1,77ГА, ПЛОЩА ПІД
ДЕРЕВАМИ - 1,7 ГА.**

Зі Схеми перспективного озеленення території міста Ужгорода (2016), з модифікацією:

- цільове призначення – для короткочасного відпочинку та транзиту.
- функціональні зони – меморіальна, дитяча, спортивна, прогулянкова.

Насадження віком від 60 років, представлені гіркокаштаном звичайним, липою широколистою і дрібнолистою, катальпою бігніонієвидною, сосною звичайною, модриною європейською, метасеквою, кедром атлаським, кленом ясенелистим, дубом звичайним, каштаном їстівним, ясенем звичайним, айлантом найвищим, сливою Пісарда, березою повислою тощо. В насадженнях майже відсутні кущі. Подекуди зустрічаються поодинокі посадки форзиції середньої, спіреї Вангутта та висаджено живопліт з спіреї японської.

Ротарі-парк – четверте за площею зелене насадження міста, площею 1,7 га, налічує дерева 29 видів, 11 порід представлені в єдиному екземплярі.



Береза бородавчаста



Катальпа яйцелиста

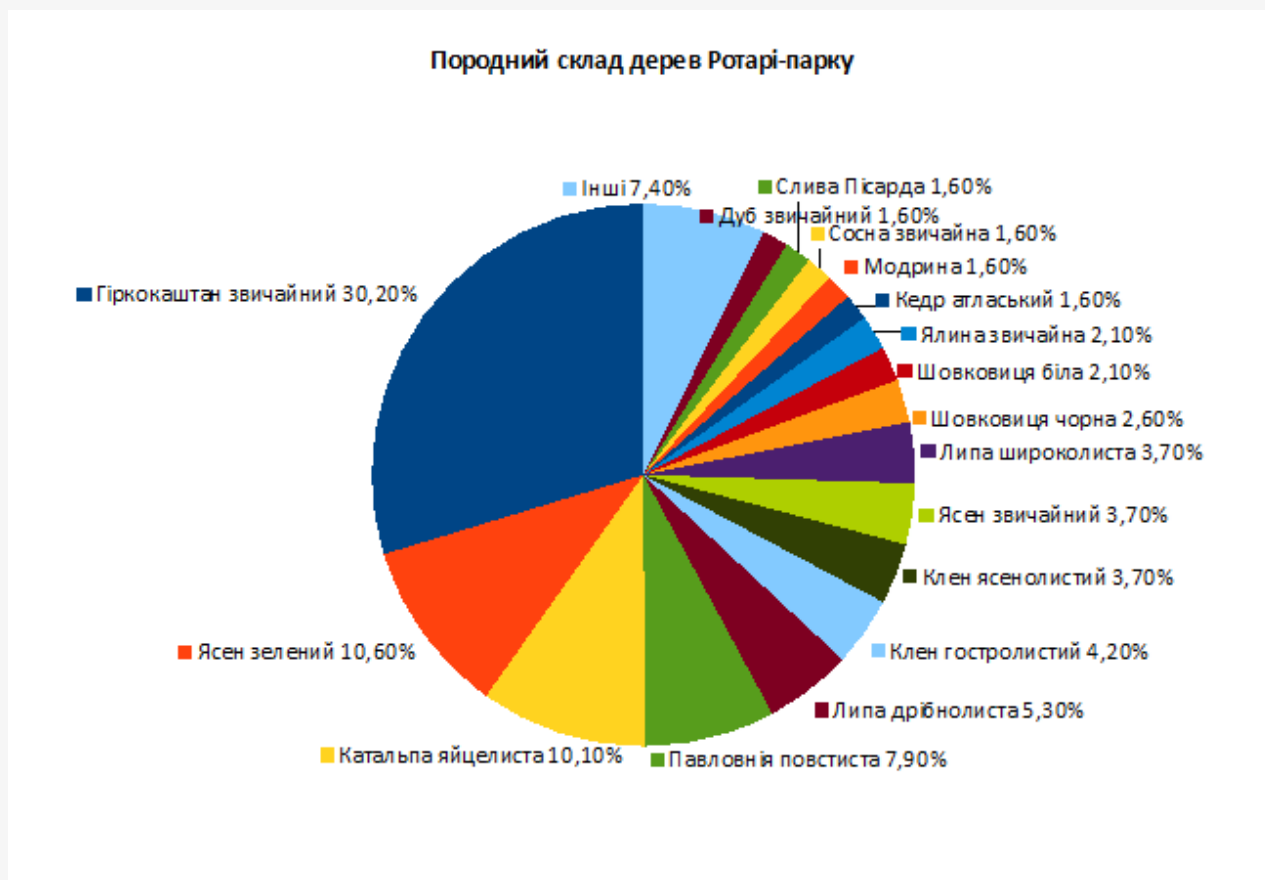
II. ХАРАКТЕРИСТИКА МІСЬКОЇ ЗЕЛЕНОЇ ЗОНИ

Зелена зона є мішаним насадженням, де ростуть місцеві та екзотичні породи дерев. Таким чином, міські зелені зони часто мають більшу різноманітність дерев, ніж навколишні місцеві ландшафти.

Збільшення різноманітності дерев може мінімізувати загальний вплив або ураження видоспецифічними шкідниками або хворобами, проте така різноманітність також може становити ризик для місцевих рослин, у випадку, коли деякі з екзотичних видів є інвазійними рослинами, які потенційно можуть перемогти в конкуренції з місцевими видами та витіснити їх.

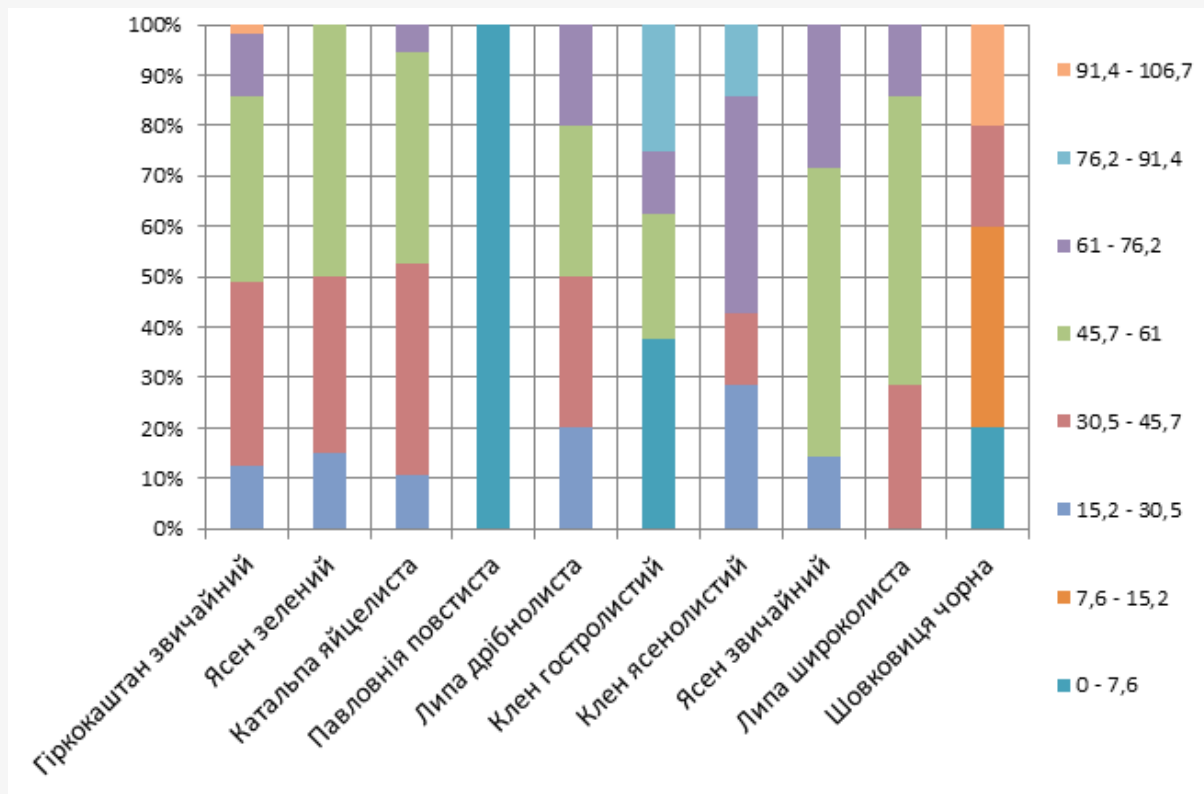
В Ротарі-парку в Ужгороді близько 15 відсотків дерев є європейськими видами. Більшість дерев походить з Європи та Азії (42 відсотки дерев).

У Ротарі-парку в Ужгороді найбільш домінуючою породою за листковою площею є гірकोкаштан звичайний або каштан кінський, ясен зелений, липа дрібнолиста/серцелиста. 10 порід, які мають найвищі показники важливості, перелічені в таблиці 1. Показник важливості (IV) розраховується як сума відсотка популяції та відсотка листкової площі. Високі показники важливості не означають, що ці дерева обов'язково слід заохочувати в майбутньому; наразі ці види домінують у структурі зеленої зони. Зелена зона Ротарі-парку в Ужгороді нараховує 189 дерев. Трьома найбільш поширеними видами є гірकोкаштан звичайний (30,2 %), ясен зелений (10,6 %) і катальпа яйцелиста (10,1 %).

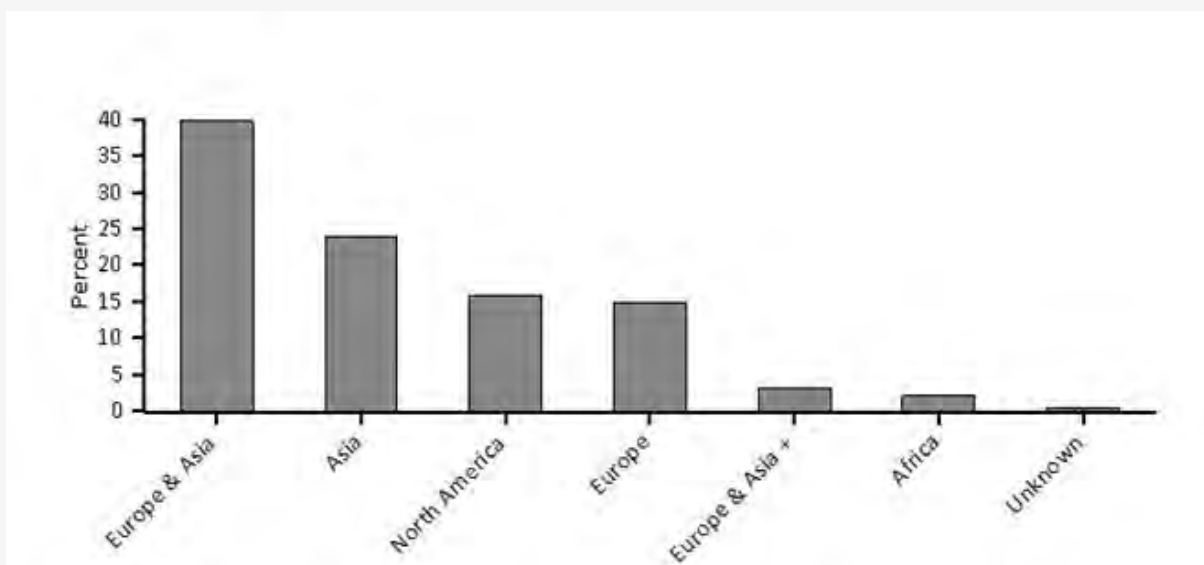


Діаграма 1. Породний склад дерев Ротарі-парку

II. ХАРАКТЕРИСТИКА МІСЬКОЇ ЗЕЛЕНОЇ ЗОНИ



Діаграма 2. Частка популяції дерев за класами діаметру (ДРГ - діаметр дерева на рівні 1,3 метра)



Діаграма 3. Відсоток популяції дерев за походженням

Інвазійні породи рослин часто характеризуються своєю життєздатністю, здатністю до адаптації, репродуктивною здатністю та загальною відсутністю природних ворогів. Ці характеристики зумовлюють витіснення інвазійними породами місцевих рослин та створення ними загроз природним зонам рослинності.

Таблиця 1. Стан крони дерев за видами

Породи дерев	Стан крони, %					
	Відмінний	Хороший	Середній	Поганий	Критичний	Відмирання
Клен ясенелистий		42,9	28,6	14,3		14,3
Клен гостролистий		75,0	25,0			
Клен-явір			100,0			
Гірकोкаштан звичайний	14,0	64,9	15,8	5,3		
Береза бородавчаста		100,0				
Катальпа яйцелиста		21,10	36,80	36,8	5,3	
Каштан їстівний		100,00				
Кедр атласький		100,00				
Кедр атласький блакитний		100,00				
Ясен звичайний	14,0	42,90	42,90			
Ясен зелений		50,00	20,00	25,0		5,0
Модрина			66,70	33,3		
Шовковиця біла	25,0	75,00				
Шовковиця чорна	40,0	40,0	20,0			
Павловнія повстиста	80,00	20,00				
Ялина звичайна		25,00	50,00	25,00		
Сосна веймутова				100,00		
Сосна звичайна			33,30	66,70		
Платан	100,00					
Черешня		100,00				
Слива Пісарда		100,00				
Дугласія				100,00		
Дуб звичайний		66,70	33,30			
Дуб червоний	100,00					
Софора			100,00			
Липа дрібнолиста	10,00	90,00				
Липа широколиста	57,10	42,90				
Тсуґа канадська		100,00				



Каштан їстівний Кедр атласький

Таблиця 2. Стан дерев за видами

Породи дерев	Стан крони, %					
	Відмінний	Хороший	Середній	Поганий	Критичний	Відмирання
Клен ясенелистий		42,90	28,60	14,30		14,30
Клен гостролистий		75,00	25,00			
Клен-явір			100,00			
Гірकोкаштан звичайний	14,00	64,90	15,80	5,30		
Береза бородавчаста		100,00				
Катальпа яйцелиста		21,10	36,80	36,80	5,30	
Каштан істівний		100,00				
Кедр атласький		100,00				
Кедр атласький блакитний		100,00				
Ясен звичайний	14,30	42,90	42,90			
Ясен зелений		50,00	20,00	25,00		5,00
Модрина			66,70	33,30		
Шовковиця біла	25,00	75,00				
Шовковиця чорна	40,00	40,00	20,00			
Павловнія повстиста	80,00	20,00				
Ялина звичайна		25,00	50,00	25,00		
Сосна веймутова				100,00		
Сосна звичайна			33,30	66,70		
Платан	100,00					
Черешня		100,00				
Слива Пісарда		100,00				
Дугласія				100,00		
Дуб звичайний		66,70	33,30			
Дуб червоний	100,00					
Софора			100,00			
Липа дрібнолиста	10,00	90,00				
Липа широколиста	57,10	42,90				
Тсуґа канадська		100,00				



Кедр атласький блакитний Ясен звичайний

III. ПОКРИВ ТА ЛИСТКОВА ПЛОЩА ЗЕЛЕНОЇ ЗОНИ

Багато корисних властивостей дерев безпосередньо пов'язані з станом крони дерева, особливо чи зокрема здоровим листям рослини. Деревна займають близько 1,706 га Ротарі-парку в Ужгороді та загальна листкова площа їх крон становить 11,39 га.

Таблиця 3. Найбільш важливі деревні породи Ротарі-парку в Ужгороді

Назва породи	% популяції	% листкової площі	Індекс важливості
Гіркокаштан звичайний	30,2	45,3	75,5
Ясен зелений	10,6	7,7	18,3
Катальпа яйцелиста	10,1	5,0	15,0
Липа серцелиста (дрібнолиста)	5,3	6,9	12,2
Липа широколиста	3,7	5,3	9,0
Павловнія повстиста	7,9	0,1	8,1
Ясен звичайний	3,7	4,0	7,7
Клен гостролистий	4,2	2,8	7,0
Клен ясенелистий	3,7	3,1	6,8
Кедр атласький	1,6	4,4	6,0

IV. ЗНИЖЕННЯ ЗЕЛЕНОЮ ЗОНОЮ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ

Погана якість повітря є загальною проблемою багатьох міст. Вона негативно позначається на здоров'ї людини та може призвести до збільшення смертності містян через хвороби серцево-судинної, нервової і дихальної систем та онкозахворювання. Погана якість повітря – це і пошкодження складових ландшафту та процесів розвитку екосистеми та зниження видимості через смог – надмірне забруднення повітря. Міські зелені зони можуть допомогти покращити якість повітря шляхом зниження температури повітря, безпосереднього видалення забруднювачів з повітря та зменшення споживання енергії в будівлях, що, як наслідок, зменшує викиди забруднюючих речовин у повітря від джерел електроенергії.

Деревна також виділяють леткі органічні сполуки, які можуть сприяти утворенню озону. Проте комплексні дослідження показали, що збільшення деревного покриву призводить до зменшення утворення озону (Nowak and Dwyer 2000). Усунення забруднення[2] деревами в Ротарі-парку в Ужгороді було оцінено з використанням польових даних і доступних останніх даних щодо складу повітря та погоди. Видалення забруднення було найбільшим для оксиду вуглецю (діаграма 4).

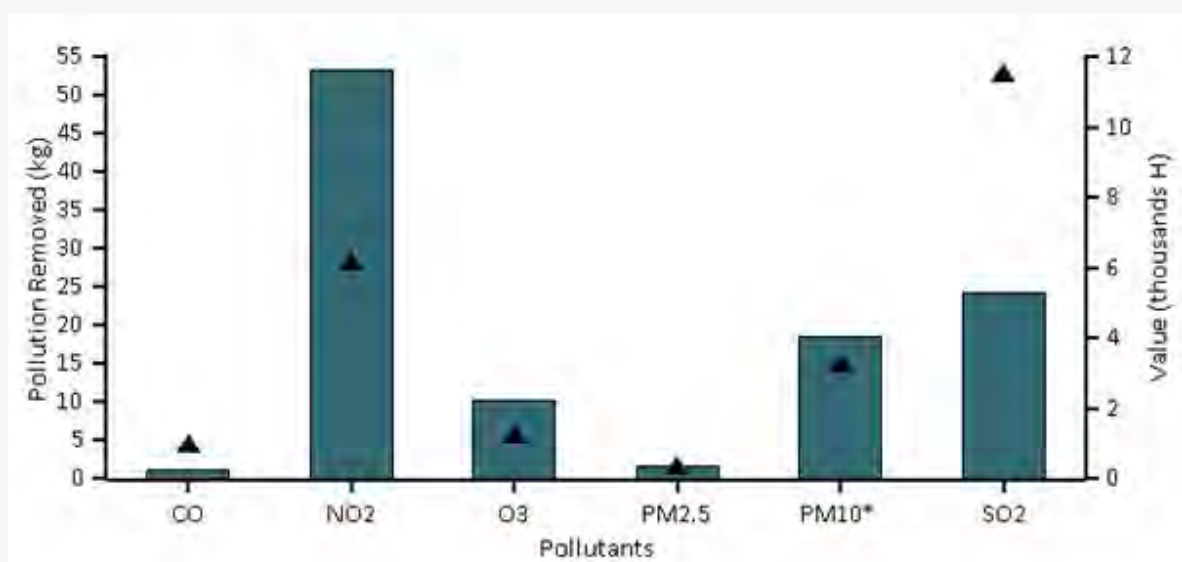
За оцінками, дерева видаляють 106,4 кілограми забруднювачів повітря (озон (O₃), чадний газ (CO), діоксид азоту (NO₂), тверді частинки розміром менше 2,5 мікрон (PM_{2.5}), тверді частинки розміром менше 10 мікрон і більше ніж 2,5 мкм (PM₁₀*) [1] та діоксиду сірки (SO₂)) на рік, що відповідає сумі у 23,8 тисячі грн. (додаткову інформацію див. у Додатку I).

[2] PM₁₀* – це тверді частинки розміром менше 10 мікрон і більше 2,5 мікрон. PM_{2.5} – це тверді частинки розміром менше 2,5 мікрон. Якщо PM_{2.5} не моніториться, то PM₁₀* представляє тверді частинки менші за 10 мікрон. Зазвичай PM_{2.5} більше підходить для дискусій, що стосуються впливу забруднення повітря на здоров'я людини.

Ясен зелений



Модрина



Діаграма 4. Щорічне видалення забруднення (точки) та вартість (стовпці) міською зеленою зоною Ротарі-парк

Зберігання вуглецю – ще один спосіб, як дерева можуть впливати на глобальну зміну клімату. Коли дерево росте, воно накопичує дедалі більше вуглецю, утримуючи його в своїй біомасі. Коли дерево вмирає і розкладається, воно вивільняє більшу частину накопиченого вуглецю назад в атмосферу. Таким чином, накопичення вуглецю є показником кількості вуглецю, яка може вивільнитися, якщо дати деревам загинути та розкластися. Підтримання і догляд за здоровими деревами дозволить утримати вуглець, що зберігається в деревах, але сам догляд за деревами може

сприяти викидам вуглецю (Nowak та інші 2002с). Коли дерево гине, використання деревини в довгострокових виробках з деревини, для обігріву будівель або для виробництва енергії допомагає зменшити викиди вуглецю внаслідок розкладання деревини або від роботи електростанцій, що працюють на викопному паливі чи деревині. У 2022 році дерева в Ротарі-парку в Ужгороді виділили приблизно 18,28 кілограма летких органічних сполук (ЛОС) (3597 кілограм ізопрену та 14,68 кілограма монотерпенів). Викиди

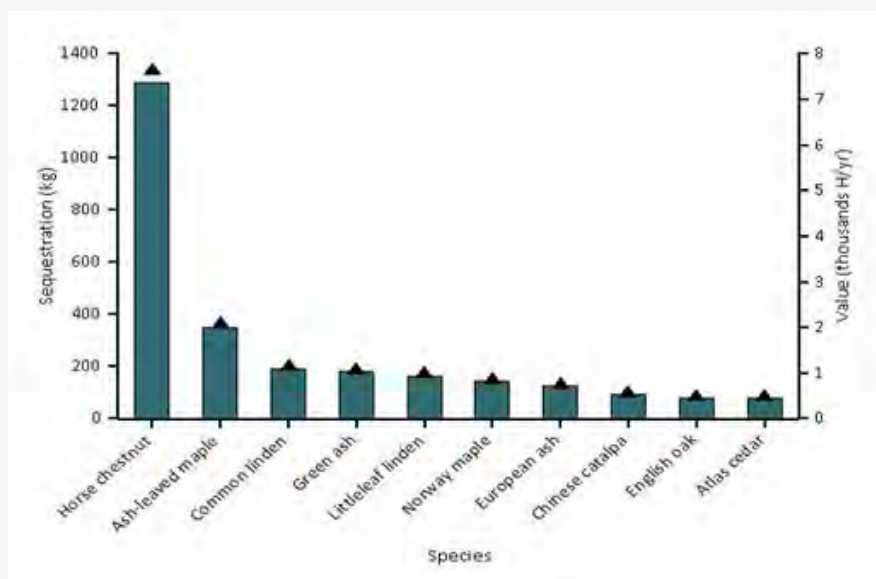
різняються залежно від деревних порід і їх характеристик (наприклад, деякі породи, такі як дуби, мають високий рівень викидів ізопрену) та кількості листяної біомаси. Тридцять шість відсотків викидів летких органічних сполук у зеленій зоні припадає на дуб звичайний і кедр атласький. Ці ЛОС є хімічними речовинами-попередниками утворення озону.³

Загальні рекомендації щодо поліпшення якості повітря за допомогою дерев наведені в Додатку II.

V. ЗБЕРІГАННЯ ТА УЛОВЛЮВАННЯ Й ПОГЛИНАННЯ (СЕКВЕСТРАЦІЯ) ВУГЛЕЦЮ

Зміна клімату є питанням глобального занепокоєння. Міські дерева допомагають пом'якшити зміну клімату, поглинаючи вуглець з атмосфери (з вуглекислого газу), і, крім цього, впливаючи на рівень споживання енергії в будівлях, і, отже, змінюючи викиди вуглекислого газу від джерел енергії, що працюють на викопному паливі (Abdollahi et al 2000).

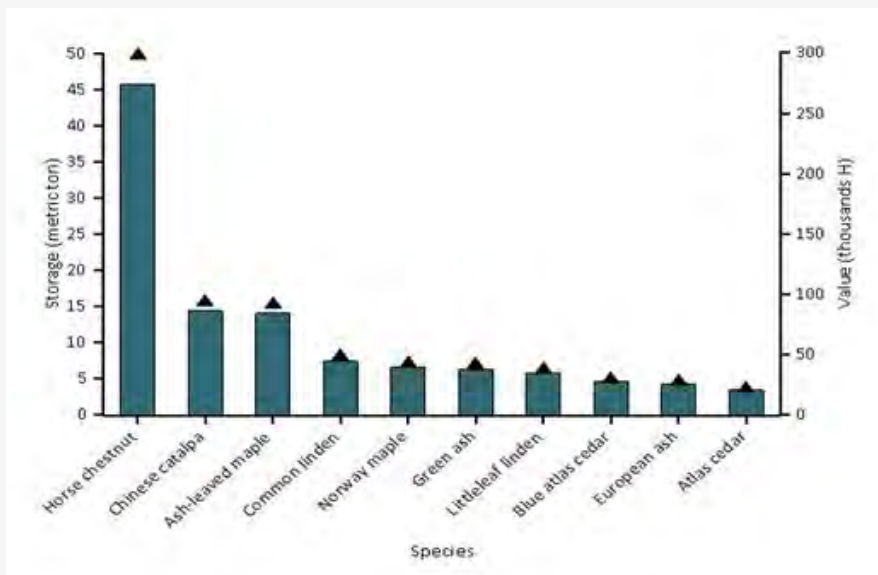
Дерева зменшують обсяги вуглецю в атмосфері шляхом поглинання викидів, які зростають щороку. Обсяг вуглецю, що поглинається щорічно, збільшується разом із розміром і здоров'ям дерев. Загальне поглинання вуглецю деревами Ротарі-парку в Ужгороді становить близько 3222кг (3,2 метричних тон вуглецю на рік), що у грошовому виразі складає 17,8 тис. грн. Додаткову інформацію про методику розрахунків див. у Додатку I.



Діаграма 5. Оцінка щорічних показників вловлювання вуглецю (точки) та вартість (стовпці) щодо дерев різних порід, які ростуть в Ротарі-парку.

За оцінками, дерева Ротарі-парку в Ужгороді зберігають 140 метричних тон вуглецю (773 тис. грн.). З усіх порід дерев, що ростуть на досліджуваній території, гірकोкаштан звичайний зберігає та поглинає найбільше вуглецю, а саме: приблизно 35,5% загального обсягу запасів вуглецю та 41,4% усього вловленого вуглецю.

[3]Дерева видаляють частинки розміром PM2.5 та PM10*, коли тверді частинки депонуються на поверхні листя. Ці депоновані частинки можуть бути повернені в атмосферу або змиті опадами та розчинені або поглинуті ґрунтом. Таке поєднання подій може призвести до позитивного або негативного забруднення.



Діаграма 6. Оцінка показників загального зберігання вуглецю (точки) та вартість (стовпці) щодо дерев різних порід, які ростуть в Ротарі-парку.

VI. ПРОДУКУВАННЯ КИСНЮ

Продуктування кисню є однією з найбільш часто згадуваних переваг та вигод від міських зелених насаджень. Річний обсяг продуктування кисню деревом безпосередньо пов'язаний з обсягом вуглецю, поглиненого деревом, що, в свою чергу, пов'язано зі збільшенням біомаси дерева. За оцінками, дерева Ротарі-парку в Ужгороді виробляють 8593 метричні тони кисню на рік.

Однак ця користь від дерев є порівняно нижчою з огляду на великий та відносно стабільний обсяг кисню в атмосфері та інтенсивне виробництво кисню водними системами. Наша атмосфера має величезний запас кисню. Якщо спалити всі запаси викопного палива, усі дерева та всі органічні речовини в ґрунті, рівень кисню в атмосфері впаде лише на кілька відсотків (Broecker 1970).



Шовковица біла Шовковица чорна



Таблиця 5. Основні деревні породи-продуценти кисню.

Порода	Кисень (кг)	Загальне вловлювання вуглецю (кг/рік)	Кількість дерев	Листкова площа (га)
Гірकोкаштан звичайний	3 556,70	1 333,76	57	5,16
Клен ясенелистий	966,84	362,56	7	0,36
Ясен зелений	497,13	186,42	18	0,84
Ясен звичайний	495,48	185,81	7	0,46
Липа серцелиста	454,64	170,49	10	0,79
Клен гостролистий	398,33	149,37	8	0,31
Липа широколиста	313,16	117,43	7	0,60
Катальпа яйцелиста	259,10	97,16	19	0,57
Дуб звичайний	222,44	83,41	3	0,16
Кедр атласький	219,20	82,20	3	0,50
Кедр атлас. (блакитний)	164,22	61,58	1	0,07
Береза бородавчата	152,87	57,33	1	0,07
Платан західний	147,78	55,42	1	0,31
Ялина звичайна	89,47	33,55	4	0,15
Каштан їстівний	75,20	28,20	1	0,04
Сосна звичайна	69,07	25,90	3	0,16
Клен-явір	66,81	25,05	1	0,04
Софора	65,15	24,43	1	0,03
Шовковиця біла	64,36	24,14	4	0,19
Черешня	57,08	21,40	3	0,03



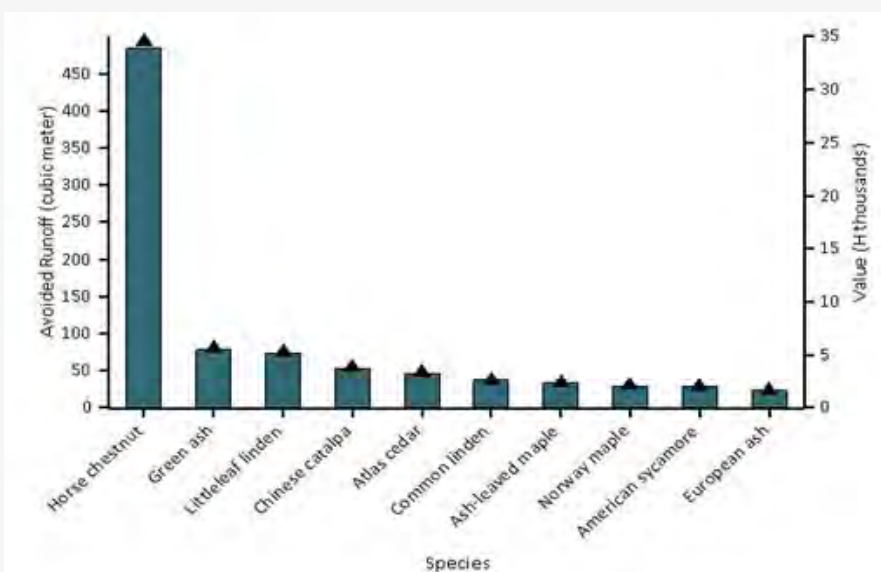
Павлонія повстиста Ялина звичайна



VII. ЗАПОБІГАННЯ ПОВЕРХНЕВИМ СТОКАМ

Поверхневі стоки можуть стати причиною занепокоєння в багатьох міських площах, оскільки вони можуть сприяти забрудненню струмків, боліт, річок, озер і океанів. Під час опадів якусь їх частину перехоплює рослинність (дерева та кущі), частина опадів випаровується з їх листової поверхні в атмосферу, а інша частина досягає поверхні землі. Та частина опадів, що досягає поверхні землі і не просочується в ґрунт, стає поверхневими стоками (Hirabayashi 2012). У містах великі площі водонепроникних поверхонь збільшують обсяги поверхневих стоків.

Міські дерева та кущі, однак, сприяють зменшенню поверхневих стоків. Дерева та кущі перехоплюють опади, а коренева система сприяє проникненню та зберіганню опадів в ґрунті. Дерева та кущі Ротарі-парку в Ужгороді сприяють зменшенню стоку приблизно на 418 кубічних метрів на рік, що в грошовому еквіваленті становить 29 тис. грн. (див. Додаток I). Розрахунки запобігання поверхневим стокам проводяться на основі місцевих метеорологічних даних, отриманих з найближчих джерел даних. В Ротарі-парку в Ужгороді загальна річна кількість опадів у 2021 році становила 93.9 сантиметри.



Діаграма 7. Поверхневі стоки (точки) та вартість (стовпці), які були затримані деревами різних порід, що зростають у Ротарі-парку.

VIII. ВІДНОВНА ВАРТІСТЬ ТА ПОКАЗНИКИ ФУНКЦІЙНОСТІ

Відновна вартість міських зелених зон залежить від самих дерев (наприклад, вартість заміни дерева на подібне); проте, існують також показники функційності (позитивні чи негативні), що розраховуються на основі функцій, які виконують дерева, та вартості цих функцій.

Відновна вартість міських зелених зон, зазвичай, зростає зі збільшенням кількості та розміру здорових дерев (Nowak та інші 2002a). Річні показники функційності також мають тенденцію до збільшення зі збільшенням кількості та розміру висоти та ширини крони здорових дерев. Завдяки належному господарюванню цінність міських зелених зон можна збільшити; однак цінність та вигоди, що створюють міські зелені зони можуть і зменшуватися у випадку зменшення площі здорових дерев.

Зелена зона Ротарі-парку має наступну відновну вартість:

- Загальне зберігання вуглецю: 773 тисячі гривень

Зелена зона Ротарі-парку має наступні річні показники функційності:

- Вловлювання вуглецю: 17,8 тисяч гривень
- Запобігання поверхневим стокам: 28,7 тисяч гривень
- Зниження забруднення повітря: 23,8 тисяч гривень.

Платан Черешня



Слива Пісарда Дугласія

Таблиця 6. Древа з найвищою відновною вартістю (понад 60 тисяч гривень) згідно iTreeEco:

№	Порода	Діаметр дерева на висоті 1,3 м, см	Відновна вартість, грн.	Сумарні річні вигоди, грн./рік
1	Липа дрібнолиста	23,10	61 759,84	117,80
2	Липа дрібнолиста	27,90	61 759,84	189,71
3	Липа дрібнолиста	58,70	61 759,84	399,71
4	Липа дрібнолиста	63,80	61 759,84	335,91
5	Дуб червоний	4,60	61 077,64	9,95
6	Липа дрібнолиста	56,90	61 759,84	697,34
7	Липа дрібнолиста	40,40	61 759,84	289,89
8	Липа дрібнолиста	66,80	63 669,94	1 017,59
9	Дуб звичайний	44,70	60 502,58	229,41
10	Липа дрібнолиста	39,40	61 759,84	362,98
11	Кедр атласький	72,90	63 252,57	1 078,98
12	Кедр атласький	74,90	63 252,57	1 299,59
13	Липа дрібнолиста	50,30	61 759,84	651,78

Дуб звичайний Дуб червоний



Софора Липа дрібнолиста



ІХ. ПОТЕНЦІЙНИЙ ВПЛИВ ШКІДНИКІВ

Різноманітні шкідники та хвороби можуть уражати міські зелені зони, потенційно вбиваючи дерева та погіршуючи їх санітарний стан, знижуючи відновну цінність і стійкість міської зеленої зони. Оскільки шкідники, зазвичай, уражають різні дерева, потенційна шкода або ризик ураження у випадку кожного окремого шкідника відрізнятиметься в різних містах. У цьому звіті тридцять шість шкідників та хвороб було проаналізовано на предмет їх потенційного впливу на зелені зони міста Ужгород, з яких 22 шкідника та хвороби зумовлюють потенційний ризик ураження.



1. Азіатський вусач (ALB) (Animal and Plant Health Inspection Service 2010), шкідник, який заглиблюється і вбиває широкий перелік дерев твердолистяних порід. Азіатський вусач становить загрозу для 46,0 відсотків дерев Ротарі-парку, що складає потенційні збитки на суму 3,8 мільйона гривень відновної вартості.

2. Раптове відмирання дуба (SOD) (Kliejunas 2005) – хвороба, зумовлена грибковим ураженням. Потенційні втрати складають 36 відсотків, або 2,97 мільйона гривень відновної вартості.



3. П'ядун зимовий (зимова міль) (WM) (Childs 2011), це шкідник, який уражує широкий ряд деревних порід. WM зумовлює найвищий рівень ураження дерев на стадії гусениці. Ротарі-парк в Ужгороді може втратити 15,9% дерев через цих шкідників, що складає 1,33 мільйони гривень відновної вартості.



4. Ясенева смарагдова вузькотіла златка (EAB) (Michigan State University 2010) вбила тисячі ясенів у Сполучених Штатах Америки. EAB може уразити 14,3 відсотків дерев, що становить 1,16 мільйонів гривень відновної вартості.

5. Циганська міль (GM) (North eastern Area State and Private Forestry 2005) – живе на багатьох породах дерев, спричиняючи втрату листя та відмирання дерева у випадку тривалого ураження. Цей шкідник загрожує 10,6 відсоткам популяції парку, відновна вартість якої складає 1,13 млн. грн.



6. Жук-амброзія, *Euwallacea fornicatus* (PSHB) (University of California 2014), жук, який вперше був виявлений у Каліфорнії. Ротарі-парк може потенційно втратити 11,1 відсоток дерев, що становить 1,05 мільйона гривень відновної вартості.

7. Великий сосновий лубоїд (PSB) (Ciesla 2001) атакує різні породи соснових дерев, надаючи перевагу сосні звичайній у Північній Америці. Великий сосновий лубоїд має потенціал ураження 6,3 відсотків популяції, що становить 488 тисяч гривень відновної вартості.



8. Лубоїд південний сосновий (SPB) (Clarke and Nowak 2009) може атакувати більшість соснових, у Ротарі-парку він загрожує 4,8 відсотком популяції, що складає потенційні втрати у сумі 376 тисяч гривень.

9. Оса-бурильник (SW) (Haugen and Ноебеке 2005) переважно атакує соснові дерева і загрожує 4,2 відсотком дерев Ротарі-парку, вартість відновлення яких складає 324 тисячі гривень.



10. Західна ялинова листокрутка (WSB) (Fellin and Dewey 1986), це комаха, яка зумовлює втрату листяного покриву хвойних дерев. Цей шкідник становить загрозу для 4,2 відсотків дерев Ротарі-парку, що становить 325 тисяч гривень відновної вартості.

11. Лубоїд гірської сосни (MPB) (Gibson et al 2009) це жук, який переважно атакує соснові дерева на заході США. MPB має потенціал ураження 3,7 відсотків популяції парку, що мають 289 тисяч гривень відновної вартості.



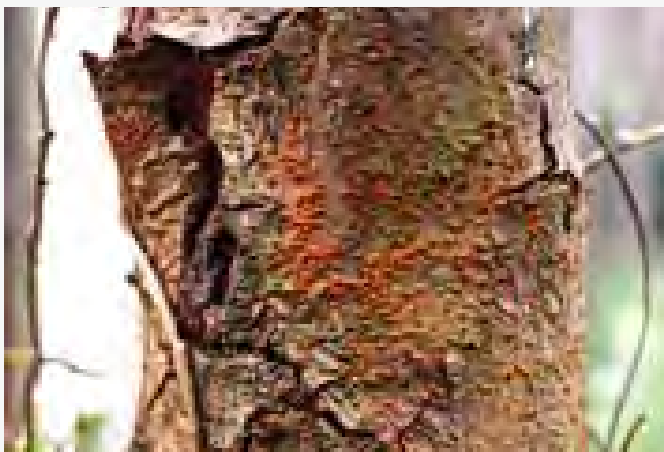
12. Ялинова листокрутка (SBW) (Kucera and Orr 1981) це комаха, яка може зумовити ураження бальзамічним хвойним, становлячи загрозу 2,6 відсоткам дерев Ротарі-парку, відновна вартість яких становить 214 тисяч гривень.

13. Вілт (вертицильозне в'янення) дуба (OW) (Rexrode and Brown 1983), грибкове захворювання, поширене серед дубових дерев. OW становить загрозу для 2,1 відсотка дерев парку, з відновною вартістю в 233 тисячі гривень.



14. Бальзамова попелицеподібна шерстиста комаха (BWA) (Ragenovich and Mitchell 2006), шкідник, який завдав суттєвої шкоди хвойним Північної Америки. Ротарі-парк може потенційно втратити 2,1 відсотка дерев внаслідок ураження цими шкідниками, що складе 178 тисяч гривень відновної вартості.

15. Ялиновий короїд (SB) (Holstenetal 1999) зумовлює істотну смертність серед ялинових дерев. Потенційна втрата дерев – 2,1 відсотка, відновна вартість – 178 тисяч гривень.



16. Каштановий фітофтороз (CB) (Diller 1965) може уразити 0,5 відсотків дерев Ротарі-парку, відновна вартість яких складає 34,2 тисячі гривень.



17. Чорна коренева плямистість (дугласії) (DBSR) (Hessburg et al 1995), грибок, який атакує дерева Дугласії, і становить ризик втрати дерев для Ротарі-парку у розмірі 0,5 відсотка з відновною вартістю у сумі 36,3 тисячі гривень.



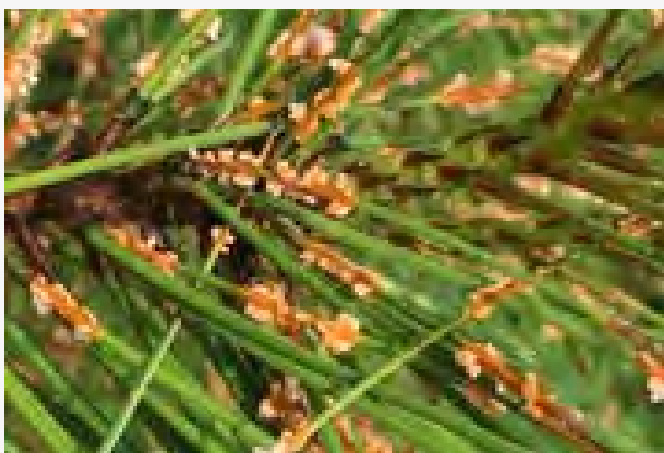
18. Короїд Дугласії (DFB) (Schmitz and Gibson 1996) – загроза для тих же 0,5 відсотка дерев парку, або 36,3 тисячі гривень відновної вартості.

19. Заболонник (FE) (Ferrell 1986), є шкідником, спільним для усіх дерев хвойних порід, що ростуть в парку. Загрожує 0,5 відсотка дерев парку, відновна вартість яких становить 36,3 тисячі гривень.



20. Попелицеподібна комаха (HWA) (U.S. Forest Service 2005) відіграє важливу роль у смертності тсуг у США. Нам становить загрозу для тсуги канадської, а це 0,5 % парку, з відновною вартістю в 52,4 тисячі гривень.

21. Велика тополева листокрутка (LAT) (Ciesla and Kruse 2009), чинить ризик для 0,5 відсотка дерев Ротарі-парку, що представляє загрозу втрат у сумі 44,4 тисячі гривень.



22. Іржа соснова (Eastern U.S.) (WPBR) (Nicholls and Anderson 1977) становить загрозу для 0,5 відсотка дерев парку з відновною вартістю 35,6 тисяч гривень.

ДОДАТОК І. МОДЕЛЬ I-TREEECO ТА ПОЛЬОВІ ВИМІРЮВАННЯ

i-TreeEco створено, щоб за допомогою стандартизованих даних, отриманих під час польових досліджень, а також метеорологічних даних, здійснити кількісну оцінку структури та різних впливів від міських зелених зон (Nowak and Crane 2000), у тому числі визначити:

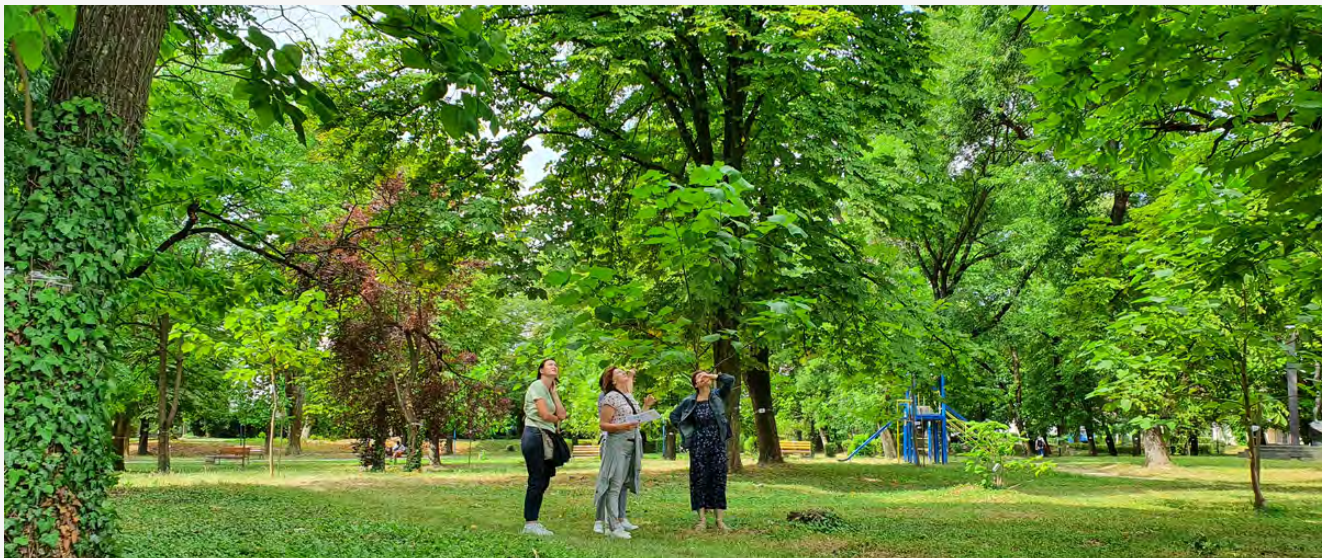
- Структуру міських зелених зон (напр. видовий склад, санітарний стан дерев, листяна площа тощо).
- Забруднення повітря, обсяг якого знижено за рахунок міських зелених зон протягом року.
- Загальний обсяг запасів вуглецю і чистий обсяг вуглецю вловленого зеленою зоною.
- Вплив дерев на рівень споживання енергоносіїв та відповідний вплив на викиди вуглекислого газу від джерел енергії.
- Відновна вартість зелених зон, а також грошові показники зменшення обсягів забруднення повітря, зберігання та вловлювання вуглецю.
- Можливі впливи від ураження шкідниками і хворобами, такими як азійський вусач, смарагдова вузькотіла златка, циганська міль та зимова міль тощо.

Зазвичай, усі польові дані збираються протягом періоду, коли на деревах є листя, для того, щоб належним чином дослідити крони дерев. Звичний набір даних, що збираються (фактично зібрані дані різняться залежно від користувача) включають землекористування, ґрунтовий покрив та деревний покрив, індивідуальні характеристики порід дерев, діаметр стовбура, висота, ширина крони, цілісність та відмирання крони, відстань і напрямок до житлових будівель (Nowak et al 2005; Nowak et al 2008).

Під час збору даних, визначається приналежність дерева до певної породи з якомога вищою точністю таксономічної класифікації. Дерева, які не можна віднести до певної породи, можна класифікувати за видом (наприклад, ясен) або групою видів (напр. твердолистяні). У цьому звіті, породи дерев, їх види або групи видів розглядаються, як деревні породи.

Характеристики дерев:

Площа листя дерев визначена на основі вимірювань розміру крони та відсотку відсутності крони. Якщо ці дані не були зібрані, на основі моделі здійснюється припущення щодо них. Аналіз інвазійних видів не здійснюється поза межами США, оскільки оцінка інвазійних видів здійснюється на основі переліку інвазійних видів для кожного штату США, у якому знаходяться міські зелені зони. Ці переліки не є остаточними, і вони охоплюють інвазійні види певного рівня інвазійності та поширеності. Якщо штат не має свого переліку інвазійних видів, використовуються переліки, що діють для сусідніх штатів. Деревні породи, визначені як інвазійні у переліку інвазійних видів штату, порівнюються з інформацією про їх



природне поширення. Це допомагає виключити породи, які є в переліку інвазійних порід штату, але які одночасно є ендеміками для місцевості, яка обстежується.

Зменшення рівня забруднення повітря:

Зменшення рівня забруднення повітря розраховується щодо озону, двоокису сірки, двоокису азоту, монооксиду вуглецю та твердих частинок менше 2,5 мікрон та твердих частинок менше 10 мікрон та більше 2,5 мікрон. PM2.5 зазвичай більш актуальний показник в обговореннях щодо впливу забруднення повітря на здоров'я людей.

Зменшення рівня забруднення повітря розраховується на основі даних про погодинний опір крони дерев озону, двоокису сірки та азоту з використанням гібриду моделей осадження для дерев з великим листям та дерев з багат шаровою короною (Balducchi 1988; Balducchi et al 1987).

Оскільки видалення рослинністю монооксиду вуглецю та твердих частинок не пов'язане напряму із транспірацією, показники видалення (швидкість осадження частинок) цих забруднювачів визначалася на базі середніх показників отриманих з до наукових джерел (Bidwell and Fraser 1972; Lovett 1994) та відкоригованих відповідно до фенології та площі листя. Видалення твердих частинок включало 50 відсотків повернення частинок назад в атмосферу (Zinke 1967). Нещодавні оновлення (2011) моделювання якості повітря базуються на основі покращеної симуляції індексу листяної площі, обробки та інтерполяції даних погоди, а також оновлених показників грошової вартості забрудників (Hirabayashi et al 2011; Hirabayashi et al 2012; Hirabayashi 2011).

Дерева видаляють PM2.5 і PM10*, коли тверді частинки осідають на поверхні листя (Nowak et al. 2013). Ці депоновані PM2.5 і PM10* можуть бути повернені в атмосферу або видалені під час дощу та розчинені або перенесені в ґрунт. Поєднання подій може призвести до позитивного або негативного видалення забруднення та формування значення залежно від різних атмосферних факторів. Загалом видалення PM2.5 і PM10* є позитивним явищем, що має позитивні наслідки. Однак існують випадки, коли чисте видалення забрудників має негативне значення або повернені в атмосферу частинки призводять до збільшення концентрації забруднення та негативних показників. Протягом певних місяців (наприклад, без дощів) дерева повертають в повітря більше частинок, ніж видаляють з нього. Повторне повернення також може призвести до збільшення загальних концентрацій PM2.5 і PM10*, якщо граничні умови шару забруднення є нижчими протягом періодів чистого повернення, ніж протягом періодів чистого видалення. Оскільки величина видалення забруднення базується на зміні концентрації забруднення, можливі ситуації, коли дерева видаляють PM2.5 та PM10*, але в той же час збільшується їх концентрація і таким чином виникають від'ємні значення протягом періодів позитивного загального видалення. Такі випадки нечасті, але можуть траплятися.

Для звітів у Сполучених Штатах значення видалення забруднення повітря за замовчуванням розраховується на основі місцевої частоти несприятливих наслідків для здоров'я та національних медіанних зовнішніх витрат. Кількість несприятливих наслідків для здоров'я та пов'язана з ними економічна цінність розраховується для озону, діоксиду сірки, діоксиду азоту та твердих частинок розміром менше 2,5 мікрон із використанням даних Програми картографування та аналізу екологічних переваг Агентства з охорони навколишнього середовища США (BenMAP) (Nowak та ін., 2014 р.). Модель використовує підхід функції пошкодження, який базується на локальних змінах концентрації забруднення та чисельності населення. Національні медіанні зовнішні витрати були використані для розрахунку вартості видалення оксиду вуглецю (Murray та ін., 1994).

Для міжнародних звітів використовуються визначені користувачем показники місцевого забруднення. Для міжнародних звітів, у яких немає місцевих показників, оцінки ґрунтуються або на європейських середніх значеннях зовнішніх ефектів (vanEssent та ін., 2011), або на рівняннях регресії BenMAP (Nowak та ін., 2014), які включають визначені користувачем демографічні оцінки. Потім значення конвертуються в місцеву валюту за визначеними користувачем курсами обміну.

Для цього аналізу значення видалення забруднення розраховується на основі цін 53 259 грн. за метричну тонну (окис вуглецю), 374 980 грн. за метричну тонну (озон), 374 980 грн. за метричну тонну (діоксид азоту), 91 801 грн. за метричну тонну (діоксид сірки), 250 357 грн. за метричну тонну (тверді частки розміром менше 2,5 мікрон), 250 357 грн. за метричну тонну (тверді частинки розміром менше 10 мікрон і більше 2,5 мікрон).

Зберігання та вловлювання

(секвестрація) вуглецю:

Запас вуглецю – це кількість вуглецю, зв'язаного в надземній і підземній частинах деревної рослинності. Для розрахунку поточного накопичення вуглецю біомаса кожного дерева була розрахована за допомогою рівнянь з

літератури та даних вимірювань дерев. Дерева, які вирощуються і доглядаються у відкритому просторі, мають тенденцію до меншої біомаси, ніж дерева в лісі (Nowak 1994). Щоб скоригувати цю різницю, результати біомаси для міських дерев були помножені на 0,8. Для дерев, що ростуть у природних умовах деревостану, коригування не проводилось. Сушу вагу біомаси дерев було переведено на обсяги накопиченого вуглецю шляхом множення на 0,5.

Секвестрація вуглецю – видалення вуглекислого газу з повітря рослинами. Щоб оцінити валову кількість вуглецю, що поглинається щорічно, середній приріст діаметра для відповідних порід і класу діаметра та стану дерева було додано до існуючого діаметра дерева (рік x), щоб оцінити діаметр дерева та накопичення вуглецю в рік $x+1$.

Значення зберігання та поглинання вуглецю базуються на оціночних або налаштованих місцевих значеннях вуглецю. Для міжнародних звітів, у яких немає місцевих значень, оцінки базуються на вартості вуглецю для Сполучених Штатів (Агентство з охорони навколишнього середовища США, 2015 р., Міжвідомча робоча група з соціальних витрат на вуглець, 2015 р.) і конвертуються в місцеву валюту за курсами обміну, визначеними користувачем.

Для цього аналізу значення зберігання та поглинання вуглецю розраховуються на основі вартості 5 526 грн. на метричну тонну.



Продуктування кисню:

Обсяг утвореного кисню оцінюється на основі поглинання вуглецю на основі атомної ваги: чисте виділення O₂ (кг/рік) = чисте поглинання C (кг/рік) × 32/12. Щоб оцінити чистий рівень поглинання вуглецю, обсяг вуглецю, вловленого в результаті росту дерев, зменшується на обсяг вуглецю, втраченого внаслідок загибелі дерев. Таким чином, чисте поглинання вуглецю та чисте річне продуктування кисню в міських зелених зонах є причиною розкладання (Nowak та ін., 2007). Для повних проектів інвентаризації продуктування кисню оцінюється на основі валового поглинання вуглецю і не враховує розкладання.

Запобігання поверхневим стокам:

Річний обсяг поверхневих стоків, який вдалося уникнути завдяки деревам, розраховується на основі перехоплення опадів рослинністю, зокрема різниці між річним стоком з рослинністю та без неї. Хоча листя, гілки та кора дерев можуть перехоплювати опади і, таким чином, пом'якшувати поверхневий стік, у цьому аналізі враховуються лише опади, перехоплені листям. Значення перехопленого стоку базується на оціночних або визначених користувачем локальних значеннях. Для міжнародних звітів, які не мають місцевих даних, використовується національне середнє значення для Сполучених Штатів і конвертується в місцеву валюту за курсами обміну, визначеними користувачем. Значення перехопленого стоку в США базується на Серії довідників лісової служби США щодо дерев (McPherson та ін., 1999; 2000; 2001; 2002; 2003; 2004; 2006a; 2006b; 2006c; 2007; 2010; Pereg та ін., 2009; 2010; Варгас та інші 2007a; 2007b; 2008). Для цього аналізу значення перехопленого стоку розраховується на основі ціни 68,68 грн. за м³.

Використання енергії в будівлі:

Якщо були зібрані відповідні польові дані, сезонний вплив дерев на енергоспоживання житлових будинків було розраховано на основі методик, описаних у літературі (McPherson and Simpson 1999), використовуючи відстань і напрямок дерев від житлових споруд, висоту дерев і дані про стан дерев. Для розрахунку грошової вартості енергозбереження використовуються місцеві або індивідуальні ціни за МВт·год або MBTU. Для цього аналізу значення енергозбереження розраховується на основі цін 1 680,00 грн. за МВт·год та 264,79 грн. за MBTU.

Вартість відновлення:

Відновна вартість — це вартість дерева на основі самого фізичного ресурсу (наприклад, вартість заміни дерева подібним деревом). Вартість заміни базувалася на процедурах оцінки Ради оцінювачів дерев і ландшафтів, яка використовує інформацію про види дерев, діаметр, стан і розташування (Nowak та інші 2002a; 2002b). Відновна вартість може не бути розрахована для міжнародних проектів, коли для проведення оцінки недостатньо місцевих даних.

Потенційний вплив шкідників:

Повний аналіз потенційного ризику шкідників недоступний для досліджень за межами Сполучених Штатів. Повідомляється про кількість дерев, яким загрожують аналізовані шкідники, хоча список шкідників базується на відомих комах і хворобах у Сполучених Штатах.

Для США потенційний ризик шкідників базується на картах





поширення шкідників і картах зростання порід дерев, що "приймають" шкідників, і які, ймовірно, зазнають смертності. Карти ареалу шкідників за 2012 рік від Групи Компанії технологій санітарного стану лісів (FHTET) були використані для визначення близькості кожного шкідника до округу, в якому розташована міська зелена зона. Для округу було встановлено, чи є комаха/хвороба в межах округу, чи знаходиться в межах 400 кілометрів від краю округу, чи знаходиться на відстані від 400 до 1210 кілометрів, чи на відстані понад 1210 кілометрів. У FHTET не було карт ареалу шкідників для голландської хвороби в'яза та фітофторозу каштанів. Діапазон цих шкідників ґрунтувався на відомій кількості та діапазоні "приймаючої" породи, відповідно (Центр оцінки екологічної загрози східних лісів; Worrall 2007).

Відносний ефект дерев:

Відносна вартість вигод, які надають дерева розраховується, щоб показати, до чого прирівнюються накопичення та поглинання вуглецю, а також видалення забруднювачів повітря в кількості муніципальних викидів вуглецю, викидів легкових автомобілів і викидів будинків.

Муніципальні викиди вуглецю базуються на викидах вуглецю на душу населення в США за 2010 рік (Carbon Information Analysis Center 2010). Викиди на душу населення були помножені на кількість населення міста, щоб оцінити загальні викиди вуглецю в місті.

Норми викидів легкових транспортних засобів (г/милю) для CO, NOx, VOCs, PM10, SO2 за 2010 рік (Бюро транспортної статистики 2010; Heirigs та інші 2004), PM2,5 за 2011-2015 роки (Рада повітряних ресурсів Каліфорнії, 2013), і CO2 за 2011 рік (Агентство з охорони навколишнього середовища США, 2010 рік) були помножені на середню кількість миль, пройдених транспортним засобом у 2011 році (Федеральне управління автомобільних доріг, 2013 рік), щоб визначити середні викиди транспортного засобу. Викиди домогосподарствами базуються на середньому споживанні електроенергії, кВт/год, споживанні природного газу Btu, споживанні мазуту Btu, споживанні гасу Btu, споживанні LPG і деревини Btu на домогосподарство у 2009 році (Управління енергетичної інформації 2013; Адміністрація енергетичної інформації 2014)

- Викиди CO2, SO2 та NOx електростанцією на кВт-год взяті з Leonardo Academy 2011. Викиди CO на кВт-год передбачають, що 1/3 одного відсотка викидів C є CO на основі Energy Information Administration 1994. Викиди PM10 на кВт-год з Layton 2004.
- Викиди CO2, NOx, SO2 і CO на Btu для природного газу, пропану та бутану (середнє значення, яке використовується для зрідженого газу), палива № 4 і № 6 (середнє значення, яке використовується для мазуту та гасу) з Leonardo Academy 2011.
- Викиди CO2 на Btu деревини за даними Управління енергетичної інформації 2014.
- Викиди CO, NOx і SOx на Btu на основі загальних викидів і спалювання деревини (тони) (Міністерство Британської Колумбії 2005; Комісія лісового господарства Джорджії 2009).

ДОДАТОК II. ЗАГАЛЬНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ ПОВІТРЯ

Міська рослинність може прямо чи опосередковано впливати на якість повітря на місцевому або регіональному рівні шляхом зміни атмосфери міського середовища. Міські дерева впливають на якість повітря за чотирма основними напрямками, а саме (Nowak 1995):

- Зниження температури та інші мікрокліматичні ефекти
- Видалення забруднювачів повітря
- Викиди летких органічних сполук (ЛОС) і викиди, пов'язані з обслуговуванням дерев
- Вплив на енергоспоживання будівель

Кумулятивний і взаємодіючий вплив дерев на клімат, на видалення забруднення, а також на викиди ЛОС і від енергоносіїв визначають вплив дерев на забруднення повітря. Сукупні дослідження впливу міських дерев на озон показали, що збільшення міського деревного покриву, особливо порід з низьким рівнем викидів ЛОС, призводить до зниження концентрації озону в містах (Nowak 2000). Рішення місцевого муніципалітету також можуть допомогти покращити якість повітря.

Стратегії управління міськими лісами, які допомагають покращити якість повітря, включають (Nowak 2000):

<i>Стратегія</i>	<i>Результат</i>
Збільшити кількість здорових дерев	Підвищення рівня зменшення забруднення повітря
Підтримувати існуючий деревний покрив	Підтримання рівнів очищення повітря від забруднювачів
Максимізувати використання дерев з низьким рівнем викидів VOC	Зменшення формування озону і вуглекислого газу
Підтримувати великі, здорові дерева	Великі дерева мають великий індивідуальний ефект
Використання дерев-довгожителів	Зменшення викидів вуглецю від видалення та посадки дерев
Використання дерев, які потребують мінімального догляду	Зменшення викидів вуглецю, пов'язаних з заходами з догляду
Зменшити використання викопних видів палива під час догляду за рослинністю	Зменшення викидів забруднювачів
Садити дерева там, де використовують багато енергоносіїв	Зменшення викидів забруднювачів від використання енергоносіїв
Садити дерева для затінення парковок	Зменшення викидів VOC від запаркованих машин
Достатньо зволожувати рослинність	Посилення видалення викидів/забруднювачів та зменшення місцевої температури
Садити дерева у забруднених або дуже заселених місцях	Максимізація вигоди від дерев для якості повітря
Уникати використання порід дерев, чутливих до забруднювачів	Покращення санітарного стану дерев
Використання вічнозелених дерев для твердих частинок	Щорічне видалення твердих частинок деревами