



# Звіт i-Tree Eco

## Система аналізу екосистем



### Ділянка «Екопарк Осокорки» Дарницького району міста Києва

Вплив та цінність міських зелених зон  
2021

---

Переклад з англійської



## Анотація

Розуміння структури, функції та цінності зелених зон у місті сприяє прийняттю управлінських рішень, що дозволять покращити якість життя населення та стан довкілля. Аналіз даних щодо структури, функцій та цінності зелених насаджень (95 дерев), розташованих на території Дарницького району, проводився у 2021 році за допомогою системи i-Tree Eco, розробленої Північною науково-дослідницькою станцією Служби охорони лісу США. Даний звіт адаптовано за матеріалами Davey Institute (USA) на основі польових даних зібраних у Києві (територія Екопарку Осокорки, Дарницький район) в березні 2021 та автоматично згенерованих результатів аналізу польових даних у програмному додатку i-Tree Eco v.6.0.22. Вихідні дані:

- Кількість дерев: 95
- Лісовкрита площа: 1656 кв. м.
- Найпоширеніші види дерев: осика (European aspen), вільха чорна (Black alder), тополя чорна (Black poplar)
- Відсоток дерев зі стовбуром менше 15,2 см в діаметрі: 45,2%
- Зберігання вуглецю: 7,447 метричні тони (39,2 тис. грн.)
- Уловлювання вуглецю: 546,5 метричні тони (2,88 тис. грн./рік)
- Виділення кисню: 1,457 метричні тони/рік
- Запобігання поверхневим стокам 38,59 кубічних метрів/рік (2,55 тис. грн./рік)

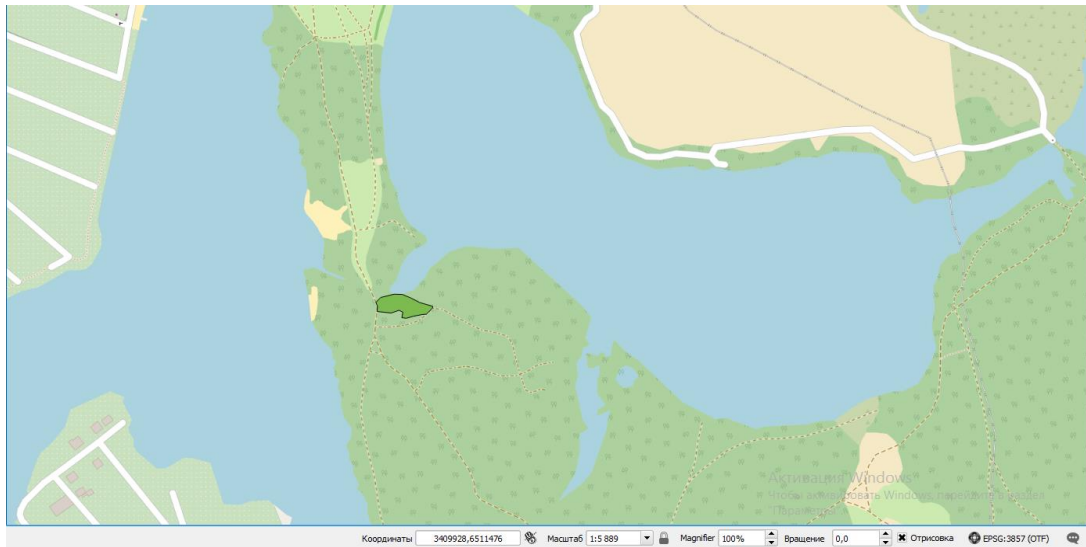
Опис методології, що використовується у системі i-Tree Eco, наведено у Додатку I.

Метрична тонна: 1000 кг

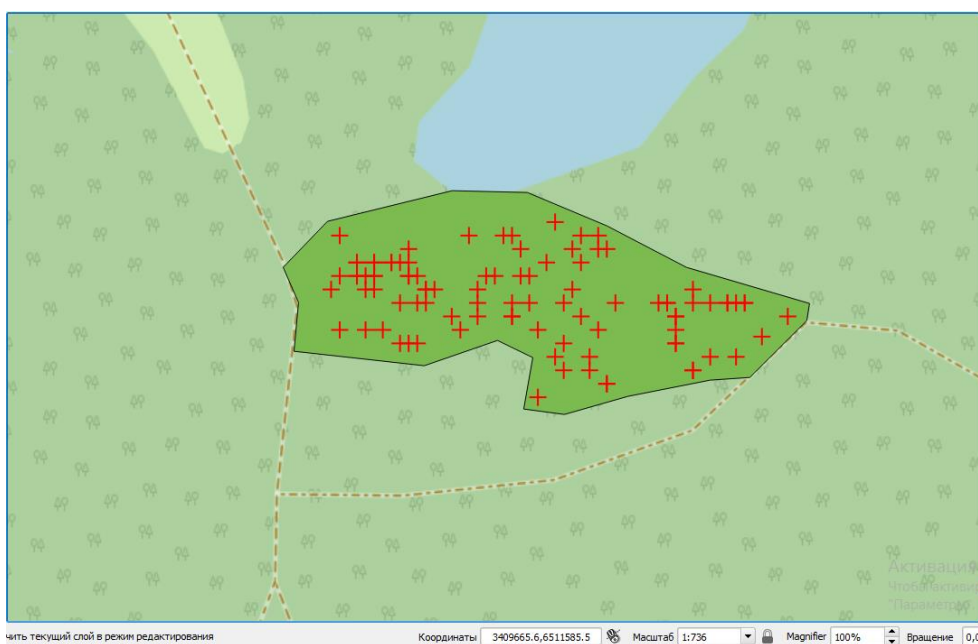
Грошова цінність (Н) зазначена у гривнях (якщо окремо не зазначено інше)

Результати оцінки екосистемних послуг наведено стосовно дерев.

- 
- Даний звіт адаптовано та перекладено з англійської ГО «Український екологічний клуб «Зелена Хвиля» у рамках проекту «Можливості прозорості, партисипативної та дієвої інвентаризації зелених зон Києва задля адаптації міста до зміни клімату» за фінансової підтримки Міжнародного фонду «Відродження» та Посольства Швеції в Україні в межах Ініціативи з розвитку екологічної політики й адвокації в Україні.
  - Зміст звіту не обов'язково відображає погляди Уряду Швеції. Відповідальність за зміст несе виключно ГО УЕК «Зелена Хвиля».



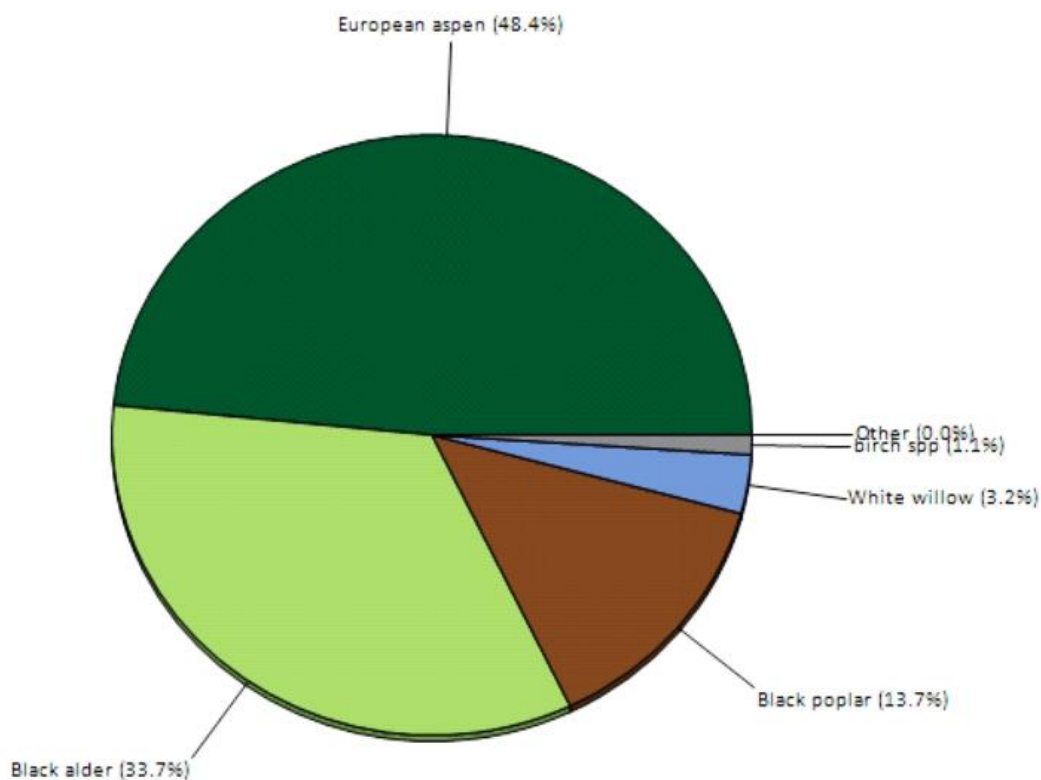
Мал.1. Межі досліджуваної території Екопарку Осокорки



Мал. 2, 3. Межі досліджуваної території Екопарку Осокорки та точки розміщення дерев

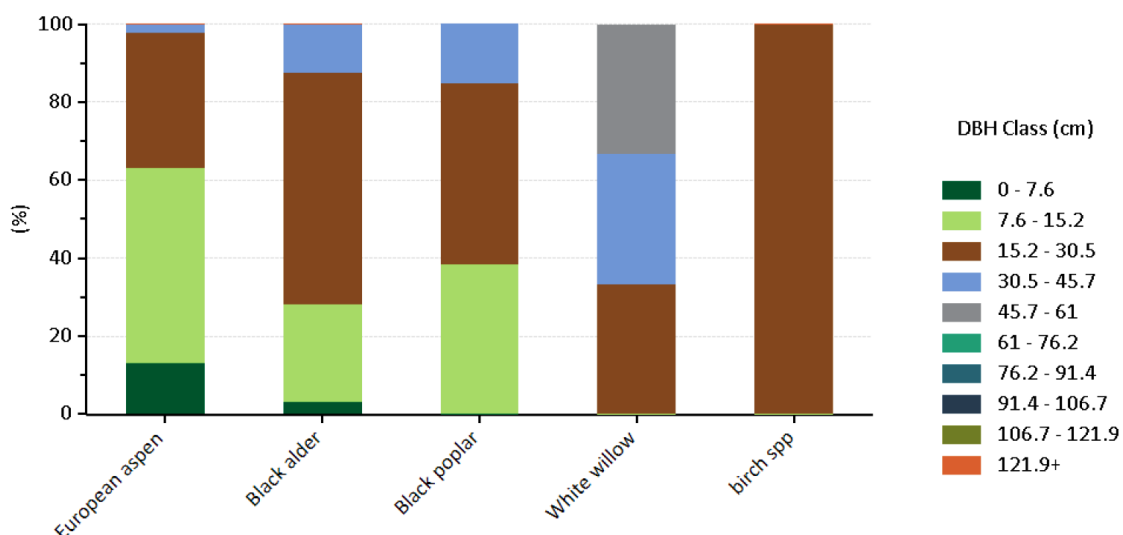
## I. Характеристики досліджуваних дерев території

Досліджувана територія Дарницького району нараховувала 95 одиниць дерев. Трьома найпоширенішими видами тут є осика (European aspen) (48,4%), вільха чорна (Black alder) (33,7%) та тополя чорна (Black poplar) (13,7%).



**Мал. 4. Склад зелених зон досліджуваної території Дарницького району за видами дерев**

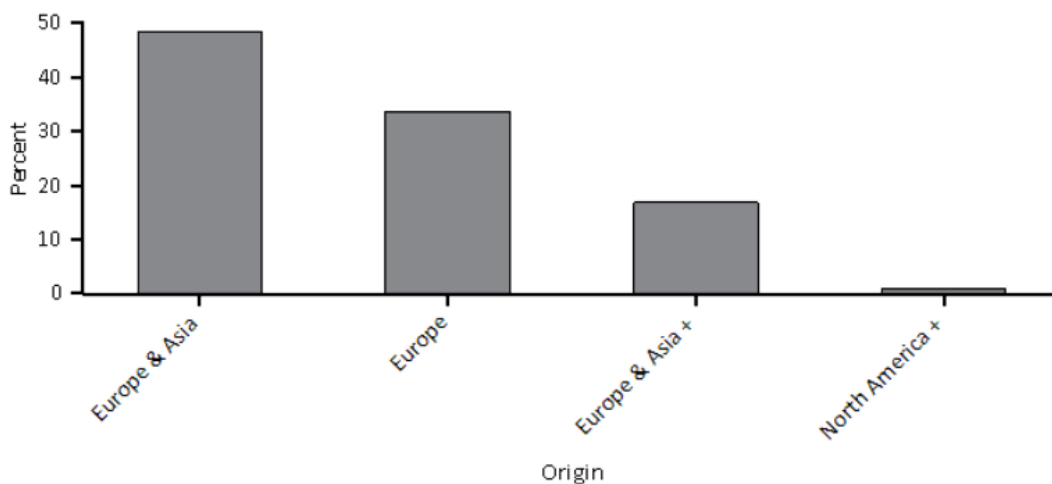
Осика (European aspen) 48,4%, Вільха чорна (Black alder) 33,7%, Тополя чорна (Black poplar) 13,7%, Верба біла (White willow) 3,2%, Береза (Birch) 1,1%



**Мал. 5. Відсоткові показники популяції дерев за категоріями діаметру стовбуру на висоті 1,37 м**

Міські зелені масиви складаються як з нативних, так і з екзотичних видів дерев. Тому різноманіття видів дерев у міських зелених масивах є часто вищим порівняно із навколишніми природними зеленими зонами. Різноманіття видів дерев може мінімізувати загальний негативний вплив, спричинений пошкодженням специфічними для виду хворобами або комахами, однак при цьому може створювати ризики для нативних

видів рослин, якщо певні інтродуковані види відносяться до інвазійних, що потенційно можуть витіснити нативні види та замінити їх. На досліджуваній території Дарницького району приблизно 34% дерев відносяться до видів, що є нативними для Європи. Більшість видів дерев (48%) походять з Європи та Азії.



**Мал. 6. Відсоток популяції живих дерев за ареалом природного походження, Дарницький район**

Позначкою «плюс» (+) позначено види дерев, що є походять із іншого континенту, аніж ті, що наведені у виборці.

Інвазивні види рослин часто характеризуються здатністю до експансії, адаптивністю, високою репродуктивною здатністю та майже повною відсутністю природних ворогів. Ці здібності дозволяють їм витіснити нативні види, що робить їх загрозою у природному середовищі.

**Таблиця 1. Стан крони досліджуваних дерев за видами**

## Crown Health of Trees by Species

Location: Darnitsky, Kyiv City, Ukraine

Project: Дарницький район, Series: Екопарк Осокорки, Year: 2018

Generated: 4/28/2021



Species	Excellent		Good		Fair		Poor		Critical		Dying		Dead	
	%	SE	%	SE	%	SE	%	SE	%	SE	%	SE	%	SE
Black alder	31.3	0.0	56.3	0.0			9.4	0.0	3.1	0.0				
birch spp			100.0	0.0										
Black poplar	7.7	0.0	23.1	0.0	38.5	0.0	30.8	0.0						
European aspen	52.2	0.0	34.8	0.0	10.9	0.0	2.2	0.0						
White willow			66.7	0.0			33.3	0.0						
<b>Total</b>	<b>36.8</b>	<b>0.0</b>	<b>42.1</b>	<b>0.0</b>	<b>10.5</b>	<b>0.0</b>	<b>9.5</b>	<b>0.0</b>	<b>1.1</b>	<b>0.0</b>				

**Таблиця 2. Стан досліджуваних дерев за видами**

## Condition of Trees by Species

Location: Darnitsky, Kyiv City, Ukraine

Project: Дарницький район, Series: Екопарк Осокорки, Year: 2018

Generated: 4/28/2021



Species	Excellent		Good		Fair		Poor		Critical		Dying		Dead	
	%	SE	%	SE	%	SE	%	SE	%	SE	%	SE	%	SE
Black alder	31.3	0.0	56.3	0.0			9.4	0.0	3.1	0.0				
birch spp			100.0	0.0										
Black poplar	7.7	0.0	23.1	0.0	38.5	0.0	30.8	0.0						
European aspen	52.2	0.0	34.8	0.0	10.9	0.0	2.2	0.0						
White willow			66.7	0.0			33.3	0.0						
<b>Total</b>	<b>36.8</b>	<b>0.0</b>	<b>42.1</b>	<b>0.0</b>	<b>10.5</b>	<b>0.0</b>	<b>9.5</b>	<b>0.0</b>	<b>1.1</b>	<b>0.0</b>				

## II. Покриття зеленими зонами та листкова площа

Дуже часто цінність дерева напряму пов'язана із площею його здорової листкової поверхні. Деревя покривають близько 1656 квадратних метрів площі досліджуваної території Дарницького району та забезпечують 1,105 гектарів листкової площі.

За показниками листкової площі доміантними видами на досліджуваній території Дарницького району є вільха чорна (Black alder), осика (European aspen) та тополя чорна (Black poplar). У таблиці 3 наведено 5 видів дерев, що мають найвищі показники впливу. Показники впливу визначаються як сума відсоткової частки популяції та відсоткової частки листкової площі. Високі показники впливу не обов'язково означають, що необхідно сприяти поширенню цих видів дерев у майбутньому - скоріше, що наразі вони є домінуючими у структурі зеленого масиву.

Таблиця 3. Основні види дерев на досліджуваній території Дарницького району

Найменування виду	Відсоткова частка популяції	Відсоткова частка листкової площі	Показник впливу
Осика (European aspen)	48,4	34,3	82,7
Вільха чорна (Black alder)	33,7	35,8	69,4
Тополя чорна (Black poplar)	13,7	17,5	31,2
Верба біла (White willow)	3,2	11,1	14,2
Береза (Birch)	1,1	1,4	2,5

За розрахунками, у 2020 році дерева, що ростуть на досліджуваній території Дарницького району, виділили 13 кг летких органічних сполук (8,6 кг ізопрену та 4,4 кг монотерпенів). Структура викидів залежить від характеристик виду (наприклад, певні роди, такі як дуби, викидають велику кількість ізопропену) та обсягу листкової біомаси. Джерелом 68 відсотків летких органічних сполук, що виділялися зеленим масивом, були осика (European aspen) та вільха чорна (Black alder). Ці леткі органічні сполуки сприяють збереженню озонового шару.<sup>1</sup>

### Structure Summary by Species

Location: Darnitsky, Kyiv City, Ukraine  
Project: Дарницький район, Series: Екопарк Осокорки, Year: 2018  
Generated: 4/28/2021



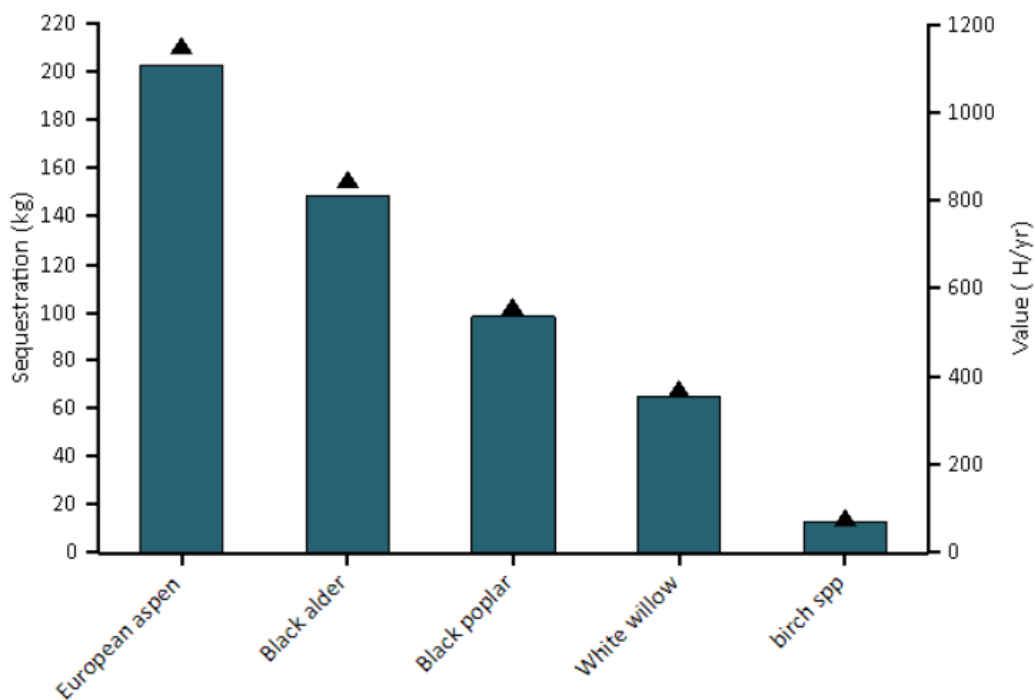
Species	Trees		Leaf Area		Leaf Biomass		Tree Dry Weight Biomass		Average Condition (%)
	Number	SE	(ha)	SE	(metric ton)	SE	(metric ton)	SE	
European aspen	46	±0	0.379	±0.000	0.274	±0.000	4.107	±0.000	95.11
Black alder	32	±0	0.395	±0.000	0.288	±0.000	5.695	±0.000	91.28
Black poplar	13	±0	0.193	±0.000	0.139	±0.000	2.755	±0.000	80.42
White willow	3	±0	0.122	±0.000	0.078	±0.000	2.004	±0.000	83.83
birch spp	1	±0	0.016	±0.000	0.010	±0.000	0.334	±0.000	94.50
Study Area	95	±0	1.105	±0.000	0.788	±0.000	14.895	±0.000	91.45

<sup>1</sup> У рамках деяких економічних досліджень було визначено вартість викидів летких органічних сполук. Ці розрахунки не наведено тут з огляду на тенденцію додавати позитивні розрахунки (у доларах) впливу видалення озону разом із негативними доларовими показниками впливу викидів летких органічних сполук з метою визначення того, позитивний чи негативний вплив мають дерева по відношенню до озону. Недоцільно сумувати доларові показники для визначення впливу дерев; скоріше, має сенс провести розрахунок впливу летких органічних сполук на формування озонового шару (наприклад, за допомогою фотохімічних моделей) та порівняти результати із даними щодо видалення озону деревами (тобто вплив на озон необхідно порівняти напряму, без наведення доларових розрахунків). Окрім цього, доведено, що зниження температури повітря завдяки деревам значно зменшує рівень концентрації озону (Cardelino and Chameides 1990; Nowak et al 2000), однак ці дані не фігурують у цьому дослідженні. Для визначення загального впливу дерев на концентрацію озону можна застосувати метод фотохімічного моделювання, що поєднує показники впливу дерев на температуру повітря, рівень забруднення, викиди летких органічних сполук та викиди електростанцій.

### III. Поглинання та зберігання вуглецю

Зміна клімату є проблемою глобального масштабу. Зелені зони міста сприяють протидії зміні клімату шляхом поглинання вуглецю з атмосфери (з вуглекислого газу) та, зрештою, шляхом впливу на викиди вуглекислого газу з джерел генерації електроенергії, що працюють на викопному паливі (Abdollahi et al 2000).

Дерева зменшують рівень вуглецю в атмосфері шляхом його поглинання під час росту. Обсяг вуглецю, що поглинається, щорічно зростає по мірі збільшення розміру та покращення стану здоров'я дерев. Сумарний обсяг вуглецю, уловленого деревами досліджуваної території Дарницького району, становить 546,5 метричні тони на рік (що в грошовому еквіваленті становить 2,88 тис. грн.) Детальний опис методики наведено у Додатку I.

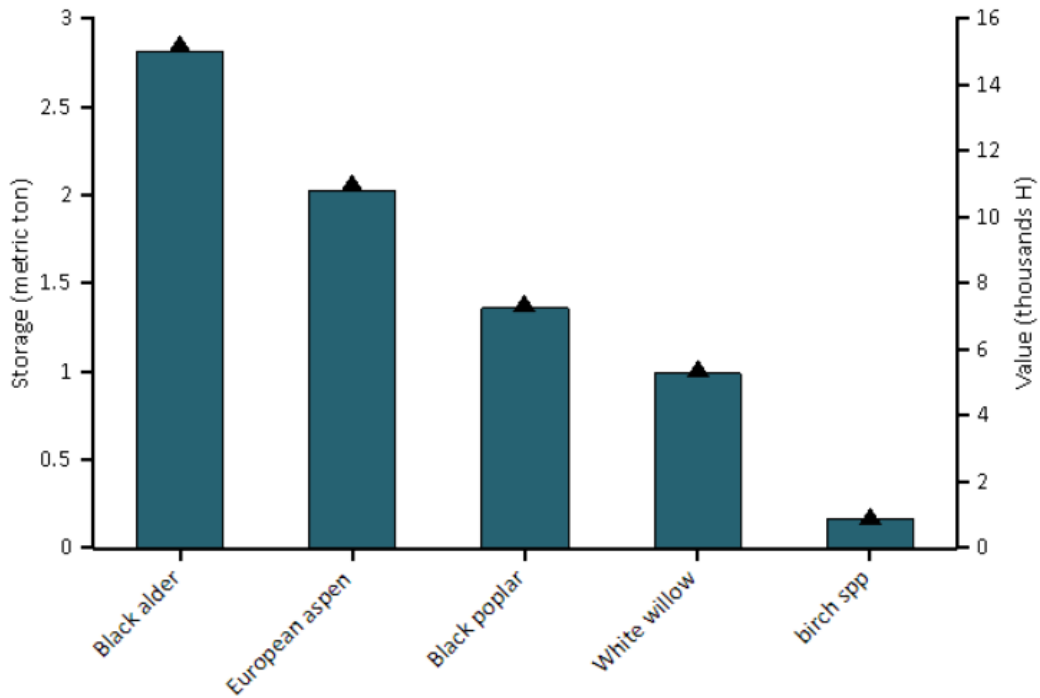


**Мал. 7. Розрахункові річні загальні обсяги поглинання вуглецю та вартості міських видів дерев, що забезпечують найбільші обсяги поглинання**

*Осика (European aspen), Вільха чорна (Black alder), Тополя чорна (Black poplar), Верба біла (White willow), Береза (Birch)*

Ще один спосіб, у який дерева можуть впливати на глобальні зміни клімату, полягає у зберіганні вуглецю. По мірі зростання дерево накопичує у своїх тканинах все більше вуглецю. Коли дерево вмирає та розкладається, воно випускає більшу частину накопиченого вуглецю назад в атмосферу. Таким чином, зберігання вуглецю є показником обсягу вуглецю, який може бути випущений у разі гибелі та розкладання дерев. Підтримання дерев у здоровому стані дозволить утримувати вуглець в деревах, однак такі заходи можуть сприяти формуванню викидів вуглецю (Nowak et al 2002c). Після смерті дерева використання деревини для виготовлення дерев'яних виробів, опалення будинків або генерування енергії дозволить зменшити обсяг викидів від розкладання деревини або від електростанцій, що працюють на видобувному або деревному пальному.

За оцінками, дерева досліджуваної території Дарницького району зберігають 7,45 метричних тон вуглецю (39,2 тис. грн.). Було визначено, що з усіх видів, які фігурували у дослідженні, найбільшу кількість вуглецю зберігає вільха чорна (Black alder) – приблизно 38,2% від загального обсягу запасів вуглецю, а осика (European aspen) лідує за обсягами уловленого вуглецю – 38,4% від загального обсягу вловленого вуглецю.



**Мал. 8. Розрахункові річні загальні обсяги зберігання вуглецю та вартості міських видів дерев, що забезпечують найбільші обсяги зберігання**

*Осіка (European aspen), Вільха чорна (Black alder), Тополя чорна (Black poplar), Верба біла (White willow), Береза (Birch)*

**Таблиця 5, 6. Розрахункові річні загальні обсяги поглинання та зберігання вуглецю**

### Annual Carbon Sequestration of Trees by Species

Location: Darnitsky, Kyiv City, Ukraine  
 Project: Дарницький район, Series: Екопарк Осокорки, Year: 2018  
 Generated: 4/28/2021



Species	Gross Carbon Sequestration (metric ton/yr)	CO <sub>2</sub> Equivalent (metric ton/yr)
Black alder	0.15	0.57
birch spp	0.01	0.05
Black poplar	0.10	0.37
European aspen	0.21	0.77
White willow	0.07	0.25
<b>Total</b>	<b>0.55</b>	<b>2.00</b>

### Carbon Storage of Trees by Species

Location: Darnitsky, Kyiv City, Ukraine  
 Project: Дарницький район, Series: Екопарк Осокорки, Year: 2018  
 Generated: 4/28/2021



Species	Carbon Storage (metric ton)	Carbon Storage (%)	CO <sub>2</sub> Equivalent (metric ton)
Black alder	2.8	38.2%	10.4
birch spp	0.2	2.2%	0.6
Black poplar	1.4	18.5%	5.1
European aspen	2.1	27.6%	7.5
White willow	1.0	13.5%	3.7
<b>Total</b>	<b>7.4</b>	<b>100%</b>	<b>27.3</b>



## IV. Продукування кисню

Продукування кисню є одним із найпоширеніших аргументів на користь зелених насаджень у місті. Річний обсяг виділення кисню деревом напряду пов'язаний із обсягом вуглецю, вловленого деревом, що, в свою чергу, пов'язане із накопиченням біомаси дерева.

За оцінками, дерева досліджуваної території Дарницького району виділяють 1,457 метричних тон кисню на рік. Однак цей аспект позитивного впливу дерев є відносно незначним з огляду на великий та відносно стабільний обсяг кисню в атмосфері, а також кисню, що виробляється водними системами. Наша атмосфера має величезні запаси кисню. Якщо спалити всі запаси викопних видів палива, всі дерева та всі органічні речовини у ґрунтах, рівень атмосферного кисню впаде лише на кілька відсотків (Broecker 1970).

Таблиця 7. Продукування кисню за видами дерев

Види дерев	Кисень (кг)	Сумарне вловлювання вуглецю (кг/рік)	Кількість дерев	Листкова площа (га)
Осика (European aspen)	559,99	210,00	46	0,38
Вільха чорна (Black alder)	411,10	154,16	32	0,40
Тополя чорна (Black poplar)	271,15	101,68	13	0,19
Верба біла (White willow)	178,70	67,01	3	0,12
Береза (Birch)	36,34	13,63	1	0,02

## V. Запобігання поверхневим стокам

Поверхневі стоки можуть становити проблему у багатьох міських зонах через загрозу забруднення заболочених ділянок, річок, озер, морів та океанів. Певну частину опадів «перехоплює» рослинність (дерева та кущі), а решта досягає поверхні землі. Та частина опадів, що не досягає землі та не поглинається ґрунтами, стає поверхневими стічними водами (Hirabayashi 2012). У містах обсяги стічних вод є більшими з огляду на велику кількість герметичних поверхонь.

Дерева та кущі сприяють зменшенню обсягів поверхневих стоків у містах. Вони «перехоплюють» опади, а їхня коренева система сприяє проникненню та зберіганню стічних вод у ґрунті. За розрахунками, дерева досліджуваної території Дарницького району допомагають зменшити обсяг поверхневих стоків на 38,6 кубічних метрів (грошовий еквівалент - 2,6 тис. грн.) (див. Додаток I). Розрахунки зменшення обсягів поверхневих стоків базуються на локальних метеорологічних даних, отриманих з визначеної користувачем метеостанції. У 2020 році загальний обсяг річних опадів досліджуваної території становив 103,1 см.

Таблиця 8. Гідрологічні ефекти від дерев за видами

### Hydrology Effects of Trees by Species

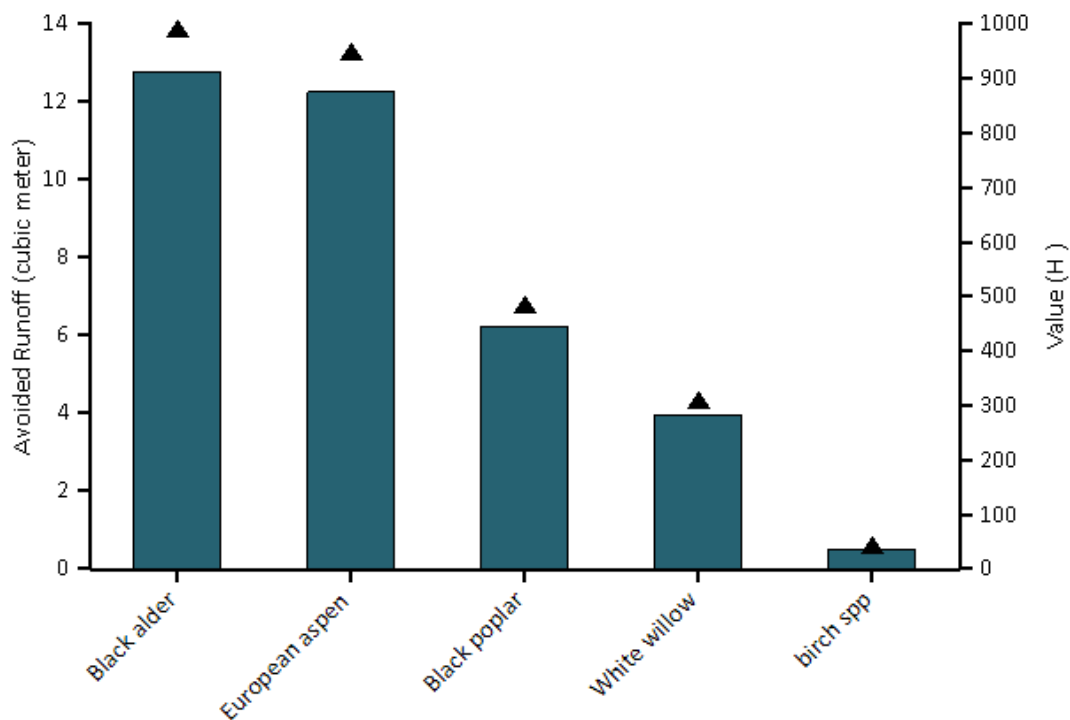
Location: Darnitsky, Kyiv City, Ukraine

Project: Дарницький район, Series: Екопарк Осокорки, Year: 2018

Generated: 4/28/2021



Species Name	Number of Trees	Leaf Area (ha)	Potential Evapotranspiration (m <sup>3</sup> /yr)	Evaporation (m <sup>3</sup> /yr)	Transpiration (m <sup>3</sup> /yr)	Water Intercepted (m <sup>3</sup> /yr)	Avoided Runoff (m <sup>3</sup> /yr)	Avoided Runoff Value (H/yr)
Black alder	32	0.40	188.89	70.23	44.54	70.42	13.80	912.99
European aspen	46	0.38	181.14	67.35	42.71	67.53	13.23	875.51
Black poplar	13	0.19	92.27	34.31	21.76	34.40	6.74	445.98
White willow	3	0.12	58.47	21.74	13.79	21.80	4.27	282.62
birch spp	1	0.02	7.48	2.78	1.76	2.79	0.55	36.15
Total	95	1.11	528.26	196.41	124.56	196.93	38.59	2,553.25



Мал. 9. Запобігання поверхневим стокам та вартість видів, що мають найбільший вплив на поверхневі стоки  
Осика (*European aspen*), Вільха чорна (*Black alder*), Тополя чорна (*Black poplar*), Верба біла (*White willow*), Береза (*Birch*)

Таблиця 9. Сумарні дані щодо екосистемних послуг досліджуваних дерев за видами

### Benefits Summary of Trees by Species

Location: Darnitsky, Kyiv City, Ukraine  
Project: Дарницький район, Series: Екопарк Осокорки, Year: 2018  
Generated: 4/28/2021



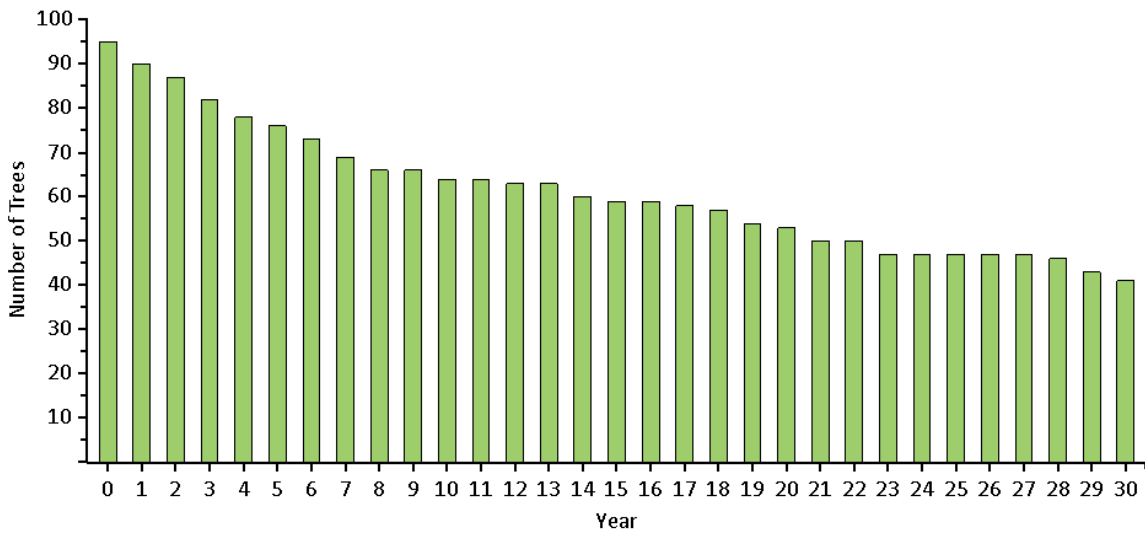
Species	Trees Number	Carbon Storage		Gross Carbon Sequestration		Avoided Runoff		Structural Value (H)
		(metric ton)	(H)	(metric ton/yr)	(H/yr)	(m <sup>3</sup> /yr)	(H/yr)	
Black alder	32	2.85	15,003.93	0.15	812.30	13.80	912.99	0.00
birch spp	1	0.17	878.79	0.01	71.81	0.55	36.15	0.00
Black poplar	13	1.38	7,258.13	0.10	535.76	6.74	445.98	0.00
European aspen	46	2.05	10,820.96	0.21	1,106.49	13.23	875.51	0.00
White willow	3	1.00	5,278.78	0.07	353.11	4.27	282.62	0.00
<b>Total</b>	<b>95</b>	<b>7.45</b>	<b>39,240.59</b>	<b>0.55</b>	<b>2,879.47</b>	<b>38.59</b>	<b>2,553.25</b>	<b>0.00</b>

## VI. Прогнозування

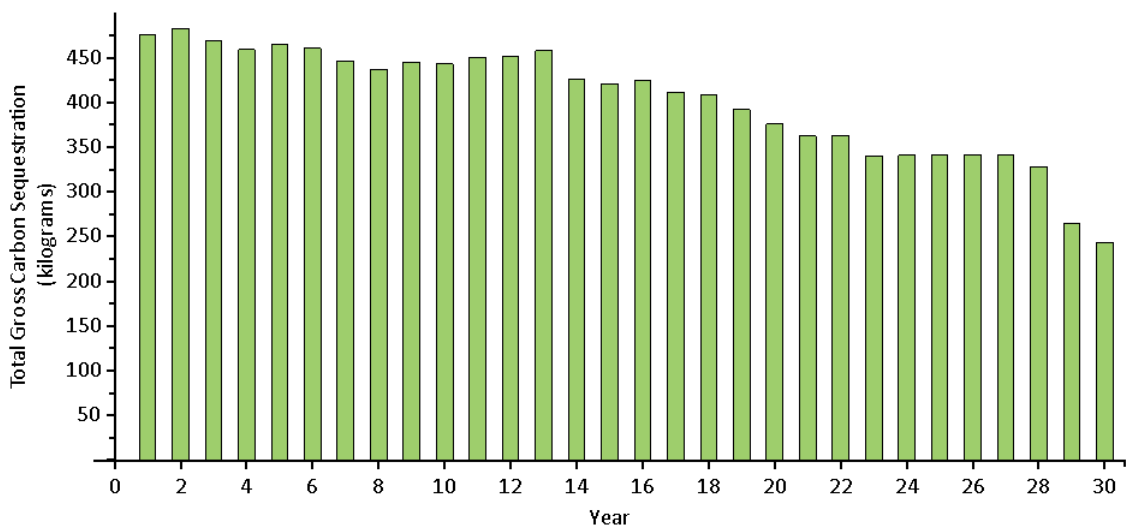
Система i-Tree Eco дозволяє провести прогностичне моделювання росту та розвитку зелених насаджень на досліджуваній території та оцінку продукування ними екосистемних послуг на визначену кількість років у майбутньому. У даному звіті було проведено модельний прогноз на період у 30 років за двома сценаріями: (1) ріст та розвиток існуючих зелених насаджень без додаткової висадки нових дерев та (2) розвиток зелених насаджень за умови щорічної висадки 20 нових дерев діаметром 2 см перші 10 років.

Таблиця 10. Вихідні дані та коефіцієнти прогнозу за сценарієм без висадки нових дерев

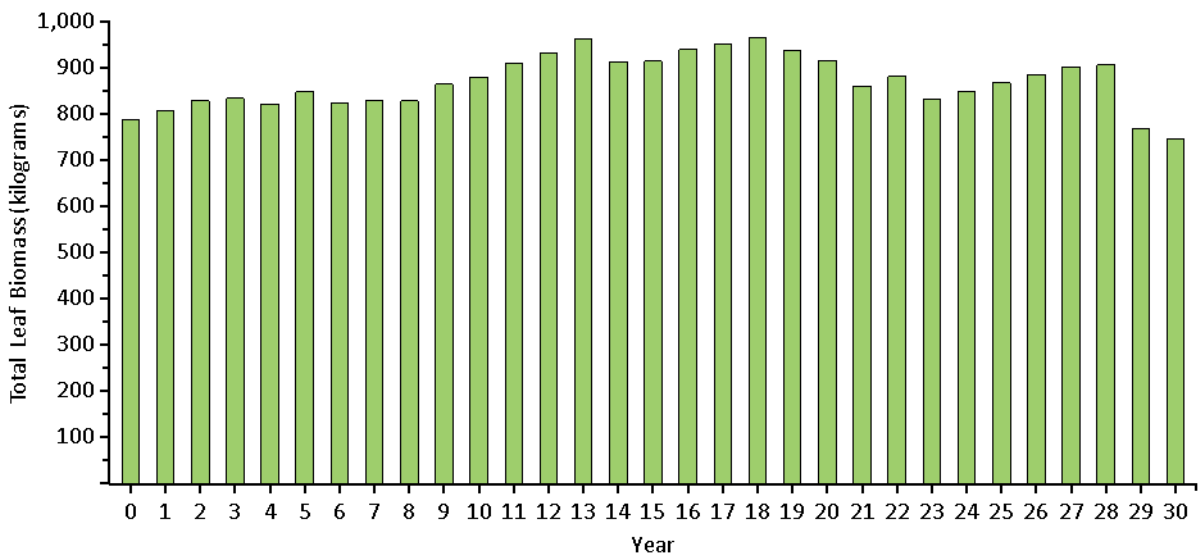
Basic Options	
Number of years forecasted	30
Days per year without frost	188
Base annual mortality rate for healthy trees	3.0%
Base annual mortality rate for sick trees	13.1%
Base annual mortality rate for dying trees	50.0%



**Мал. 10. Динаміка кількості дерев (шт.) за відсутності нових посадок**



**Мал. 11. Поглинання вуглецю (загальне валове) за відсутності нових посадок дерев**



**Мал. 12. Загальна біомаса листкового покриву за відсутності нових посадок дерев**

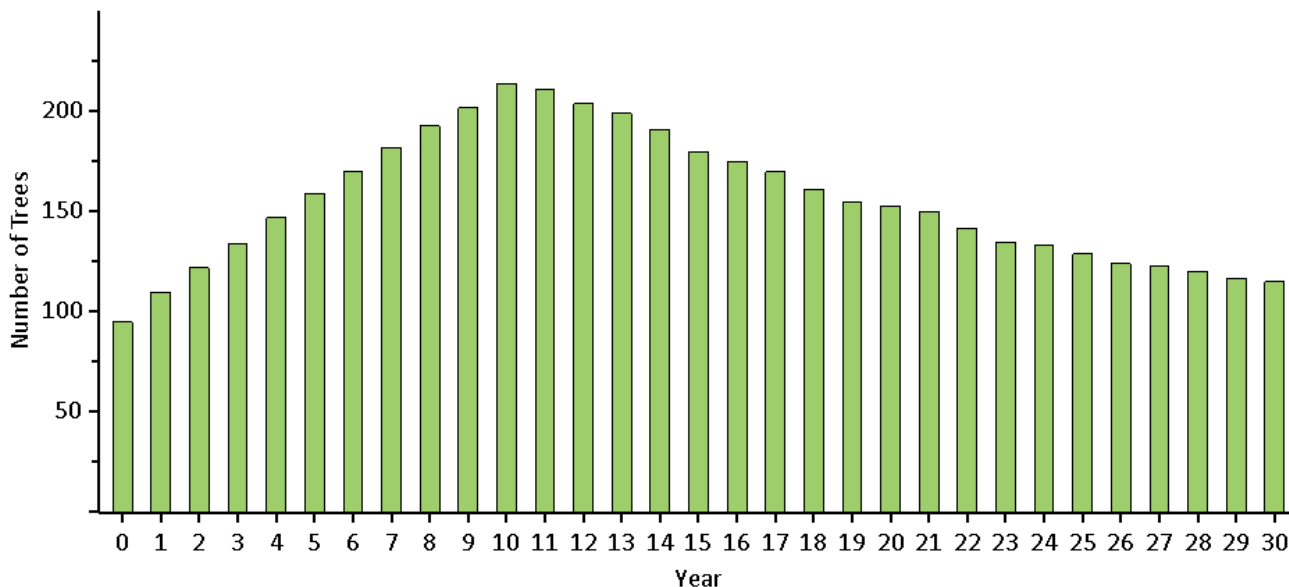
Порівняємо ці дані з результатами прогностичного моделювання за умови щорічної висадки 20 молодих дерев протягом перших 10 років 30-річного періоду моделі.

**Таблиця 11. Вихідні дані та коефіцієнти прогнозу за сценарієм висадки нових дерев**

Basic Options	
Number of years forecasted	30
Days per year without frost	188
Base annual mortality rate for healthy trees	3.0%
Base annual mortality rate for sick trees	13.1%
Base annual mortality rate for dying trees	50.0%

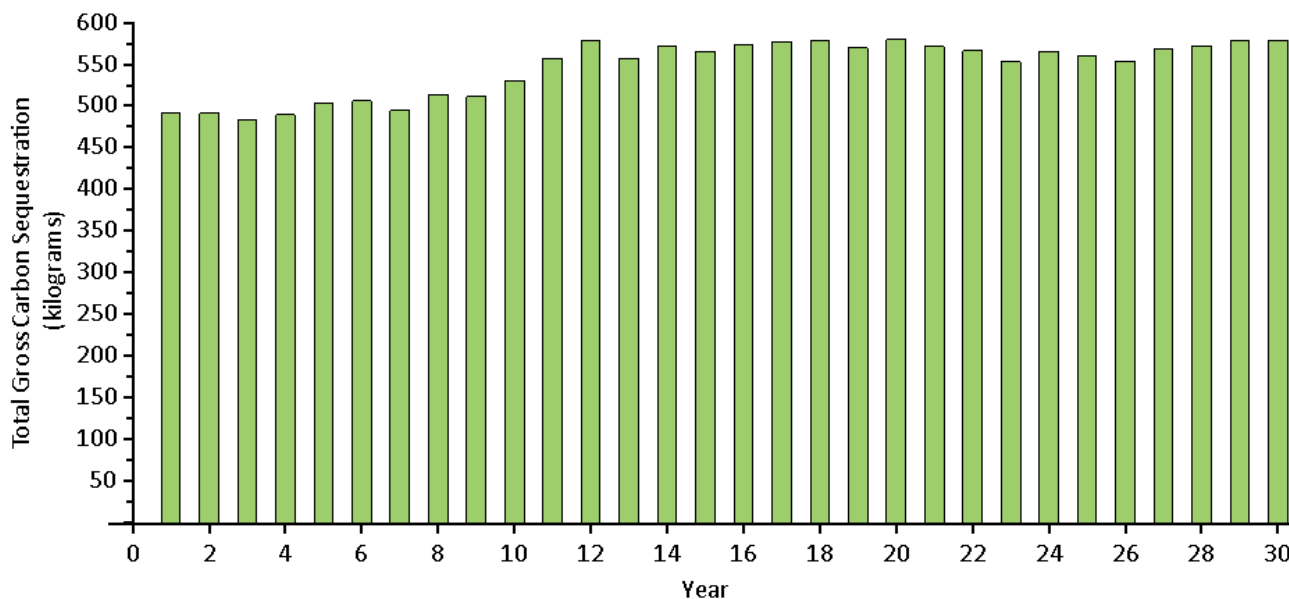
  

Trees to Plant				
Stratum	DBH (centimeters)	Number	Start Year	Duration (years)
Urban	2.0	20	1	10

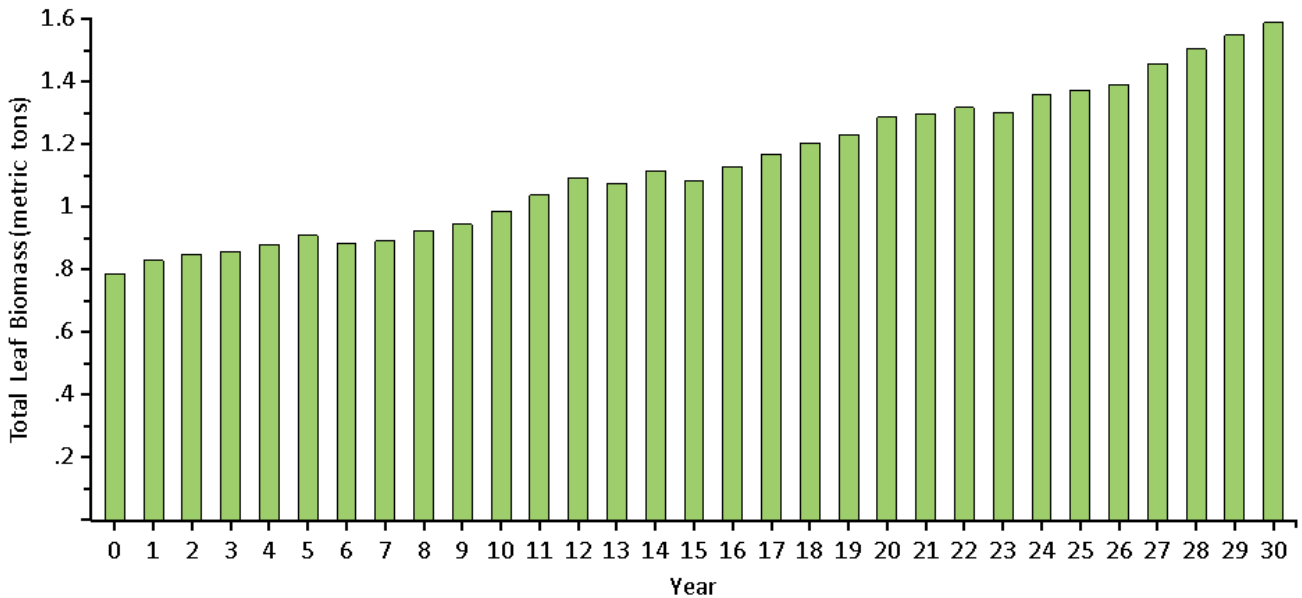


**Мал. 13. Динаміка кількості дерев (шт.) за сценарієм щорічної висадки 20 нових дерев 10 років**

Як видно з мал. 13, кількість дерев у 30-річний період буде зменшуватися, незважаючи на додаткові висадки перші 10 років. Але в той же час цікавим є збільшення динаміки поглинання вуглецю цими деревами (мал. 14) за рахунок збільшення кількості листя (мал. 15).



**Мал. 14. Поглинання вуглецю (загальне валове) за сценарієм щорічної висадки 20 нових дерев 10 років**



**Мал. 15. Загальна біомаса листового покриття за сценарієм щорічної висадки 20 нових дерев 10 років**

Таким чином, можна стверджувати, що навіть мінімальні зусилля з висадки нових дерев у відносно короткостроковій перспективі надають суттєвий ефект щодо поглинання та утримання вуглецю у довгостроковий період. У той час, при відсутності нових посадок кількість дерев буде зменшуватись і рівень поглинання атмосферного вуглецю буде невпинно падати.

## Загальні висновки

1. Дослідження проводились 27 березня 2021 року на ділянці «Екопарк Осокорки» Дарницького району міста Києва. На досліджуваній території налічується 95 одиниць дерев. Трьома найпоширенішими видами тут є осика (European aspen) (48,4%), вільха чорна (Black alder) (33,7%) та тополя чорна (Black poplar) (13,7%). Приблизно 34% дерев відносяться до видів, що є нативними для Європи. Більшість видів дерев (48%) походять з Європи та Азії.
2. Деревина покривають близько 1656 квадратних метрів площі досліджуваної території Дарницького району та забезпечують 1,105 гектарів листової площі. За розрахунками, у 2020 році дерева, що ростуть на досліджуваній території Дарницького району, виділили 13 кг летких органічних сполук (8,6 кг ізопрену та 4,4 кг монотерпенів).
3. Визначено показники поглинання та зберігання вуглецю. Так, сумарний обсяг вуглецю, уловленого деревами досліджуваної території, становить 546,5 метричних тонн на рік (що в грошовому еквіваленті складає 2,88 тис. грн.). За обсягами уловленого вуглецю перше місце займає осика (European aspen) – 38,4% від загального обсягу вловленого вуглецю. За оцінками системи, дерева досліджуваної території Дарницького району зберігають 7,45 метричних тонн вуглецю (39,2 тис. грн.). Було визначено, що з усіх видів, які фігурували у дослідженні, найбільшу кількість вуглецю зберігає вільха чорна (Black alder) – приблизно 38,2% від загального обсягу запасів вуглецю.
4. Продуктування кисню деревами досліджуваної території Дарницького району становить 1,457 метричних тонн кисню на рік. Найбільшу кількість кисню виділяють осика (European aspen) та вільха чорна (Black alder) – 559,99 та 411,10 кг відповідно.
5. За розрахунками, дерева досліджуваної території Дарницького району допомагають зменшити обсяг поверхневих (дощових) стоків на 38,6 кубічних метрів (грошовий еквівалент - 2,6 тис. грн.)
6. Зберігання вуглецю дерев досліджуваної території Дарницького району еквівалентне:
  - Річній емісії вуглецю (C) від 6 автомобілів,
  - Річній емісії вуглецю (C) з 2 одноосібних домогосподарств.

## Додаток I. Модель i-Tree Eсо та польові вимірювання

Система i-Tree Eсо дозволяє за допомогою стандартизованих даних, зібраних під час польових досліджень, а також метеорологічних даних з метою кількісного аналізу структури міських зелених насаджень та різних аспектів їх впливу (Nowak and Crane 2000), в тому числі:

- Структури міських зелених масивів (зокрема, видовий склад, стан здоров'я дерев, листкова площа тощо).
- Обсяг забруднення, що погодинно зменшується міськими зеленими насадженнями, та відповідний відсотковий показник покращення якості повітря протягом року.
- Загальний обсяг запасів вуглецю та чистий річний обсяг вуглецю, вловленого зеленими насадженнями.
- Вплив дерев на використання електроенергії в будинках та відповідний вплив на обсяг викидів вуглекислого газу з електростанцій.
- Структурна цінність зеленого масиву, а також цінність у розрізі зменшення рівня забруднення повітря та уловлювання та зберігання вуглецю.
- Потенційні наслідки зараження паразитами, такими як азіатський вусач, ясенева смарагдова вузькотіла златка, непарний шовкопряд, а також голландською хворобою в'язів.

Зазвичай збір всіх даних відбувається протягом теплої пори року, щоби належним чином дослідити крону дерев. До стандартного переліку даних (фактичний перелік визначається користувачем) відноситься тип цільового призначення земельної ділянки, ґрунтовий покрив та лісовкрита площа, окремі характеристики певних видів, діаметр стовбуру, висота, широта крони, відсоток відмерлої або відсутньої крони, а також відстань до житлових будинків та напрямок до них (Nowak et al 2005; Nowak et al 2008).

Під час збору даних дерева ідентифікуються за якомога точнішою таксономічною класифікацією. Дерев, не ідентифіковані до рівня виду, можуть бути класифіковані за родом (наприклад, ясен) або групою видів (наприклад, листяні). У цьому звіті види, роди або групи видів дерев колективно іменовані як види дерев.

### Характеристики дерев:

Розмір листкової площі дерев визначався за допомогою показників розміру крони та відсоткового показнику відсутньої крони. У тих випадках, коли такі перемінні не було зібрано, вони розраховувалися відповідно до моделі.

Аналіз інвазійних видів для досліджень за межами США недоступний. Що стосується США, то інвазійні види визначаються за переліком інвазійних видів штату, на території якого знаходиться зелений масив. Ці переліки не є вичерпними і містять інвазійні види, що відрізняються за ступенем інвазійності та поширеності. У разі відсутності переліку інвазійних видів конкретного штату використовувалися переліки сусідніх штатів. Види дерев, визначені як інвазійні відповідно до списку інвазійних видів штату, також містять дані щодо природного ареалу поширення. Це дозволяє видалити види, які є у списку інвазійних видів штату, однак є корінними для району дослідження.

### Зменшення рівня забруднення повітря:

Зменшення рівня забруднення повітря визначається стосовно озону, двоокису сірки, двоокису азоту, монооксиду вуглецю та тверді частинки менше 2,5 мікрон. Ще одним значним забрудником повітря є тверді частинки менше 10 мікрон (PM10). Оскільки комплекс i-Tree Eсо аналізує тверді частинки розміром менше 2,5 мікрон (PM2.5), що входить до PM10, то PM10 в цей аналіз включено не було. Частинки PM2.5 зазвичай є більш актуальними для визначення впливу забруднення повітря на здоров'я населення.

Зменшення рівня забруднення повітря визначалося за розрахунковим погодинним спротивом крони дерева озону та двоокисам сірки та азоту відповідно до гібриду моделей осадження частинок для крони дерев з великими листками та багаточарової крони (Balducchi 1988; Balducchi et al 1987). Оскільки усунення монооксиду вуглецю та твердих частинок рослинністю не пов'язане напряму із транспірацією, швидкість усунення (швидкість осадження частинок) цих забруднювачів визначалася за середніми показниками

відповідно до наукових джерел (Bidwell and Fraser 1972; Lovett 1994), скоригованими залежно від фенології листка та листової площі. Видалення твердих частинок включало 50 відсотковий показний ресуспензії частинок назад в атмосферу (Zinke 1967). Результати нещодавніх (2011 р.) досліджень моделювання якості повітря базуються на уточнених результатах моделювання показника листової площі, метеорологічних даних, інтерполяції та обробки забруднення, а також уточнених даних щодо грошової вартості забрудників (Hirabayashi et al 2011; Hirabayashi et al 2012; Hirabayashi 2011).

Дерева видаляють PM<sub>2.5</sub>, коли тверді частинки осідають на поверхні листка (Nowak et al 2013). Ці частинки PM<sub>2.5</sub>, що осіли, можуть повторно піднятися в атмосферу або бути змитими під час опадів та розчинитися або перейти у ґрунт. Така комбінація факторів може призвести до позитивного або негативного усунення забруднення та показника цінності залежно від різноманітних атмосферних факторів. В цілому, видалення PM<sub>2.5</sub> є позитивним. Однак у певних випадках чисте видалення може бути негативним, або ресуспензія частинок може призводити до зростання концентрації забруднення та негативних показників. У певні місяці (наприклад, під час відсутності опадів) дерева ресуспендують більше часток, ніж видаляють. Ресуспензія також може призвести до загального збільшення концентрації PM<sub>2.5</sub>, якщо стан граничного шару є нижчим протягом періодів чистої ресуспензії порівняно із періодами чистого видалення. Оскільки показник видалення забруднення базується на змінах рівня концентрації забруднення, може статися ситуація, коли дерева видаляють PM<sub>2.5</sub>, однак при цьому підвищується рівень концентрації і, таким чином, з'являються негативні показники протягом періодів загального позитивного видалення. Такі випадки не є поширеними, однак можливі.

Що стосується звітів для США, то показник зменшення рівня забруднення повітря за замовчанням розраховується відповідно до локальних показників негативного впливу на здоров'я та національних середніх показників впливу зовнішніх факторів. Кількість та відповідна економічна вартість негативних наслідків для здоров'я розраховується для озону, двоокису сірки, двоокису азоту та твердих частинок розміром менше 2,5 мікрон за даними, наведеними у Програмі візуалізації та аналізу впливу на довкілля Агенції США з питань захисту навколишнього середовища (BenMAP) (Nowak et al 2014). В цій моделі використовується підхід «функції шкоди», що базується на локальних коливаннях концентрації забруднення та кількості населення. Вартість видалення монооксиду вуглецю розраховувалася за середньозваженими національними показниками вартості впливу (Murray et al 1994).

Для міжнародних звітів використовуються локальні показники рівня забруднення, визначені користувачем. Для міжнародних звітів, щодо яких локальні показники недоступні, розрахунки здійснюються або на основі середньозважених європейських показників вартості впливу (van Essen et al 2011), або на основі регресійних рівнянь BenMAP (Nowak et al 2014), що містять задані користувачем розрахунки чисельності населення. Після цього показники конвертуються у місцеву валюту за визначеним користувачем курсом.

#### Поглинання та зберігання вуглецю:

Запаси вуглецю - це кількість вуглецю, що зберігається у надземних та підземних частинах дерев'янистої рослинності. Для визначення поточного обсягу запасів вуглецю проводилися розрахунки обсягу біомаси кожного дерева з використанням рівнянь з наукових джерел та результатів вимірювань. Дерева, що ростуть на відкритих ділянках та доглядаються, зазвичай мають меншу біомасу, аніж ту, яка прогнозується рівняннями для лісної рослинності (Nowak 1994). Щоби скоригувати цю розбіжність, показники біомаси для дерев, що ростуть на відкритих ділянках у містах, було помножено на 0,8. Щодо дерев, які ростуть у природних умовах, коригування не застосовувалося. Показник запасів вуглецю було отримано у результаті множення сухої ваги біомаси дерева на 0,5.

Поглинання вуглецю – це видалення вуглекислого газу з повітря деревами. Загальний річний обсяг вловленого вуглецю розраховується шляхом додавання середнього збільшення діаметру стовбуру відповідного виду, класу діаметру та стану дерева до поточного діаметру дерева (рік  $x$ ) для визначення діаметру стовбуру дерева та обсягів запасів вуглецю для року  $x+1$ .

Показники вартості зберігання та поглинання вуглецю базуються на розрахунках або коригування локальних

показників вартості вуглецю. Для міжнародних звітів, для яких локальні показники вартості відсутні, розрахунки базуються на вартості вуглецю для США (Агенція США з питань захисту навколишнього середовища 2015 р., Міжвідомча робоча група з питань соціальної вартості вуглецю 2015 р.) та конвертуються у місцеву валюту за визначеним користувачем курсом.

Для цілей цього дослідження показники вартості зберігання та поглинання вуглецю визначаються за курсом 5 255 грн. за метричну тонну.

#### Продуктування кисню:

Обсяг виробленого кисню у зв'язку із утриманням вуглецю розраховується за атомною масою: чистий обсяг виділеного O<sub>2</sub> (кг/рік) = чистий обсяг уловленого C (кг/рік) × 32/12. Для визначення чистої швидкості поглинання вуглецю від обсягу вуглецю, уловленого в результаті росту дерева, віднімається кількість, втрачена у результаті загибелі дерева.

Таким чином, чисте поглинання вуглецю та чисте річне вироблення кисню зеленими масивами міста визначається з урахуванням розкладу (Nowak et al 2007). При проведенні повної інвентаризації обсяг вироблення кисню визначається за загальним обсягом уловлювання вуглецю без урахування розкладу.

#### Запобігання поверхневим стокам:

Показник річного обсягу запобігання поверхневим стокам визначається за перехопленням опадів рослинністю, зокрема, різницею між річним обсягом поверхневих стоків за наявності рослинності та за її відсутності. Хоча листя, гілки та кора дерев може перехоплювати опади і таким чином перешкоджати формуванню поверхневих стоків, для цілей цього дослідження враховуються лише опади, перехоплені листям.

Вартість запобігання поверхневим стокам визначається за розрахунками або за заданими користувачем показниками. Для міжнародних звітів, для яких відсутні місцеві показники, використовується середній показник для США та конвертується у місцеву валюту за визначеним користувачем курсом. Показник запобігання поверхневим стокам базується на серії Посібників Служби охорони лісу США щодо поводження з деревами у громадах (McPherson et al 1999; 2000; 2001; 2002; 2003; 2004; 2006a; 2006b; 2006c; 2007; 2010; Reper et al 2009; 2010; Vargas et al 2007a; 2007b; 2008).

У цьому дослідженні вартість запобігання поверхневим стокам визначається за ставкою 65,99 грн./м<sup>3</sup>.

#### Використання електроенергії в будинках:

За наявності даних відповідних польових вимірювань сезонний вплив дерев на використання електроенергії в житлових будинках визначався у порядку, описаному у наукових джерелах (McPherson and Simpson 1999) за допомогою відстані та напрямку розташування дерев відносно житлових будинків, висоти та стану дерев. Грошовий еквівалент зекономленої електроенергії визначався за місцевими або спеціально заданими тарифами за МВт/год. або британськими термальними одиницями (MBTU).

У цьому дослідженні грошовий еквівалент зекономленої електроенергії визначався за тарифом 1 680 грн. за МВт/год. та 417,00 грн. за британську термальну одиницю.

#### Структурна вартість:

Структурна вартість - це вартість дерева, що визначається за самим фізичним ресурсом (наприклад, відновна вартість дерева). Показник структурної вартості визначається за процедурами оцінки, встановленими Радою оцінювачів дерев та ландшафтів, в яких враховуються такі показники, як вид дерева, діаметр стовбуру, стан та місце його розташування (Nowak et al 2002a; 2002b). За відсутності достатньої кількості місцевих даних для проведення процедур оцінки структурна вартість може не включатися до міжнародних проектів.

#### Відносний вплив дерева:

Відносна вартість позитивного впливу дерев, наведена у Додатку II, визначається з метою продемонструвати,



що уловлювання та зберігання вуглецю, а також видалення забрудників повітря є кількісно еквівалентним обсягам муніципальних викидів вуглецю, викидів від легкових автомобілів та викидів від домогосподарств.

Обсяг муніципальних викидів вуглецю розраховано за обсягом викидів вуглецю на душу населення в США станом на 2010 рік (Центр аналізу двоокису вуглецю, 2010 р.). Показник викидів на душу населення було помножено на кількість населення міста з метою визначення загального обсягу викидів вуглецю у місті.

Показники викидів легкових автомобілів (г/миль) (CO, NO<sub>x</sub>, VOCs, PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub> за 2010 рік (Бюро транспортної статистики 2010 р.; Heirigs et al 2004), PM<sub>2.5</sub> за 2011-2015 рр. (Каліфорнійська рада повітряних ресурсів 2013 р.) та CO<sub>2</sub> за 2011 рік (Агенція США з охорони навколишнього середовища, 2010 р.)) було помножено на середній показник пробігу станом на 2011 рік (за даними Федерального управління автомагістралями, 2013 р.) для визначення середнього показнику викидів від одного автомобіля.

Викиди у домогосподарствах було визначено за середніми показниками споживання електроенергії (кВт/год.), споживання природного газу (британські термальні одиниці), споживання паливно-мастильних матеріалів (британські термальні одиниці), споживання керосину (британські термальні одиниці), споживання скрапленого газу (британські термальні одиниці) та споживання деревини (британські термальні одиниці) одним домогосподарством станом на 2009 рік (Управління з питань енергетики та інформації, 2013 р.; Управління з питань енергетики та інформації, 2014 р.).

- Показники викидів CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> та NO<sub>x</sub> на електростанціях (кВт/год.) наведено за даними Leonardo Academy 2011 р. Показник викидів CO (кВт/год.) визначено за припущенням, що 1/3 одного відсотку викидів C становить CO (за даними Управління з питань енергетики та інформації, 1994 р.). Показник викидів PM<sub>10</sub> (кВт/год) за даними Layton 2004.
- Показники викидів CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> та CO (британські термальні одиниці) для природного газу, пропану та бутану (середні значення для скрапленого газу), Палива №4 та №6 (середнє значення для ПММ та керосину) за даними Leonardo Academy 2011.
- Показник викидів CO<sub>2</sub> (британські термальні одиниці; деревина) за даними а даними Управління з питань енергетики та інформації, 2014.
- Показники викидів CO, NO<sub>x</sub> та SO<sub>x</sub> (британські термальні одиниці) базуються на загальних обсягах викидів та спалювання деревини (в тонах) за даними Управління Британської Колумбії 2005; Комісії з питань лісового господарства Джорджії 2009.

## Додаток II. Відносний вплив дерева

Зелені зони Дарницького району забезпечують низку переваг, до яких відноситься поглинання та зберігання вуглецю та зниження рівня забруднення повітря. З метою оцінки відносної вартості цих переваг їх було порівняно із розрахунковими середніми показниками муніципальних викидів, викидів від легкових автомобілів та викидів від домогосподарств. Опис методики наведено у Додатку I.

Зберігання вуглецю дерев досліджуваної території Дарницького району еквівалентне:

- Річній емісії вуглецю (C) від 6 автомобілів
- Річній емісії вуглецю (C) з 2 одноосібних домогосподарств.