

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна
Навчально - науковий інститут екології
Кафедра екологічного моніторингу та заповідної справи

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

магістра

на тему

ВУГЛЕЦЕВА ЄМНІСТЬ ЕЛЕМЕНТІВ ЗЕЛЕНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ МІСТА ХАРКІВ

Виконав: студент 2 курсу, групи ДЕ-63
спеціальності : 101 «Екологія»

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

_____/ Андрій КРОТЬКО
(підпис) (ім'я та прізвище)

Керівник _____/д. геогр. н, проф.
Надія МАКСИМЕНКО
(підпис) (ім'я та прізвище)

Рецензент _____/
(підпис) (ім'я та прізвище)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри _____/ д. геогр. н, проф.
Надія МАКСИМЕНКО
(підпис) (ім'я та прізвище)

Нормоконтроль _____/ Аліна ГРЕЧКО
(підпис) (ім'я та прізвище)

Секретар ЕК _____/ Світлана БУРЧЕНКО
(підпис) (ім'я та прізвище)

Харків – 2022 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені В. Н. КАРАЗІНА

Навчально-науковий інститут екології
Кафедра екологічного моніторингу та заповідної справи
Рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень) магістр
Спеціальність 101 Екологія

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ / проф. Надія Максименко
підпис ім'я та прізвище

“01” листопада 2022 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЕКТ)

_____ Андрію КРОТЬКУ _____

(прізвище, ім'я, по батькові студента)

1. Тема роботи Вуглецева ємність елементів зеленої інфраструктури міста Харків

керівник роботи Надія Максименко, доктор географічних наук, професор,
(ім'я, прізвище, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від “10” листопада 2022 року №4301-5/1991

2. Строк подання студентом роботи _____ 21.11. 2022 р.

3. Перелік питань, які потрібно розробити

1. Аналіз наукових досліджень в галузі вуглецевої ємності в Україні та світі;
2. Надання характеристики елементів зеленої інфраструктури міста Харків;
3. Методика розрахунку вуглецевої ємності для елементів зеленої інфраструктури;
4. Аналіз вуглецевої ємності об'єктів зеленої інфраструктури міста Харків;
5. Формування рекомендацій;

6. Формування висновків.

4. План роботи

№ з/п	Назви етапів роботи
1	Аналітичний огляд літератури в сфері вуглецевої ємності.
2	Методика розрахунку вуглецевої ємності зеленої інфраструктури.
3	Дослідження вуглецевої ємності зеленої інфраструктури м. Харків.
4	Рекомендації в сфері вуглецевої ємності міста Харків.

5. Дата видачі завдання 09.05.2022 р.

Студент

підпис

Андрій КРОТЬКО

ім'я і прізвище

Керівник роботи

підпис

проф., Надія МАКСИМЕНКО

посада, ім'я і прізвище

АНОТАЦІЯ

**ВУГЛЕЦЕВА ЄМНІСТЬ ЕЛЕМЕНТІВ ЗЕЛЕНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ МІСТА
ХАРКІВ**

Андрій КРОТЬКО

Кваліфікаційна робота «Вуглецева ємність елементів зеленої інфраструктури міста Харків» містить 44 сторінки, 4 розділи, 29 рисунків, 9 формул та 14 використаних джерел.

Мета роботи: дослідження вуглецевої ємності зеленої інфраструктури міста Харків.

Актуальність теми: вміст вуглекислого газу в атмосфері щороку зростає, але рослини можуть накопичувати його. Розрахувавши вуглецеву ємність об'єктів зеленої інфраструктури, можна дізнатись кількість накопиченого в рослинах, протягом всього їх життя, вуглецю, в результаті цього, можна встановити забезпеченість міста зеленими насадженнями.

Завдання роботи передбачали розрахунок вуглецевої ємності об'єктів зеленої інфраструктури міста Харків та їх аналіз для визначення кількості депонованого вуглецю.

Методи: метод наукового аналізу, синтезу, математико-статистичні методи, методи моделювання, методи вимірювання та порівняння.

Результати. Під час виконання роботи було встановлено, що чим більшу площу насаджень мають об'єкти зеленої інфраструктури, тим більша кількість органічного вуглецю в них депонована. Також визначено, що найбільше вуглецю накопичується в живій фітомасі рослин, а найменше – в підстилці. Визначено, що дубові насадження депонують в собі більшу кількість вуглецю, ніж кленові насадження.

ВУГЛЕЦЬ, ЗЕЛЕНА ІНФРАСТРУКТУРА, ДЕПОНУВАННЯ ВУГЛЕЦЮ,
ВУГЛЕЦЕВА ЄМНІСТЬ, ЖИВА ФІТОМАСА, ПІДСТИЛКА, ҐРУНТ.

ANNOTATION

**CARBON CAPACITY OF THE ELEMENTS OF THE GREEN
INFRASTRUCTURE OF THE CITY OF KHARKIV**

Andrii KROTKO

The qualification work "Carbon capacity of elements of the green infrastructure of the city of Kharkiv" contains 44 pages, 4 chapters, 29 figures, 9 formulas and 14 used sources.

The purpose of the work: the study of the carbon capacity of the green infrastructure of the city of Kharkiv.

Relevance of the topic: the content of carbon dioxide in the atmosphere increases every year, but plants can accumulate it. By calculating the carbon capacity of green infrastructure objects, it is possible to find out the amount of carbon accumulated in plants during their entire life, as a result, it is possible to determine whether the city is equipped with green spaces.

Job tasks provided for the calculation of the carbon capacity of green infrastructure facilities in the city of Kharkiv and their analysis to determine the amount of deposited carbon.

Methods: method of scientific analysis, synthesis, mathematical and statistical methods, modeling methods, measurement and comparison methods.

The results. During the work, it was established that the larger the area of green infrastructure facilities, the greater the amount of organic carbon deposited in them. It was also determined that the most carbon accumulates in the living phytomass of plants, and the least - in the litter. It was determined that oak plantations store more carbon than maple plantations.

CARBON, GREEN INFRASTRUCTURE, CARBON STORAGE, CARBON CAPACITY, LIVING PHYTOMASS, LITTER, SOIL.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ В СФЕРІ ВУГЛЕЦЕВОЇ ЄМНОСТІ.....	9
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ВУГЛЕЦЕВОЇ ЄМНОСТІ ЗЕЛЕНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ	14
РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ВУГЛЕЦЕВОЇ ЄМНОСТІ ЗЕЛЕНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ М. ХАРКІВ.....	23
3.1 Опис об'єктів зеленої інфраструктури м. Харків	23
3.2 Розрахунок вуглецевої ємності об'єктів зеленої інфраструктури м. Харків	24
РОЗДІЛ 4. РЕКОМЕНДАЦІЇ В СФЕРІ ВУГЛЕЦЕВОЇ ЄМНОСТІ МІСТА ХАРКІВ.....	39
ВИСНОВКИ	41
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:	43

ВСТУП

Актуальність дослідження. Збільшення вмісту вуглекислого газу в атмосфері, і його прямий вплив на зміну клімату глибоко турбує людство. Кожного року проводяться різноманітні конференції, метою яких є досягти порозуміння в сфері зменшення викидів вуглецю в навколишнє середовище. Визначення вуглецевої ємності зеленої інфраструктури дозволяє дізнатися кількість депонованого протягом всього їх життя вуглецю в живій та мертвій фітомасі, а також в ґрунті. Оскільки, вуглець в рослинах здатен зв'язуватися та утримуватися тривалий час, збільшуючи площі зелених насаджень міста, можна зменшити кількість вуглекислого газу в його атмосфері. А якщо збільшувати площу зелених насаджень по всій планеті, можна буде зменшити негативні наслідки надмірних викидів вуглецю в навколишнє середовище. Для урбоекосистем знати вуглецеву ємність території є важливим ще й з таких причин як збільшення комфортності проживання мешканців міста, забезпечення чистоти повітря, поглинання викидів вуглекислого газу від стаціонарних та пересувних джерел забруднення. Також, важливою характеристикою вуглецевої ємності є її економічне значення. Відповідно до Кіотського протоколу, додатково секвестрований вуглець перетворюється в товар (15\$ за 1 т секвестрованого вуглецю), шляхом проведення спеціальних лісогосподарських заходів.

Мета роботи – дослідження вуглецевої ємності зеленої інфраструктури міста Харків.

Завдання роботи:

- Опрацювання літератури щодо характеристики елементів зеленої інфраструктури.
- Надання характеристики елементів зеленої інфраструктури м. Харків.
- Аналіз існуючих методів розрахунку вуглецевої ємності рослинності.

- Розрахунок вуглецевої ємності для модельних об'єктів міста Харків.
- Візуалізація отриманих результатів.

Об'єктом дослідження кваліфікаційної роботи є депонований в рослинності вуглець.

Предмет дослідження кваліфікаційної роботи – вуглецева ємність зеленої інфраструктури.

Основна гіпотеза дослідження. Якщо розрахувати вуглецеву ємність зеленої інфраструктури міста Харків і встановити кількість депонованого в рослинності вуглецю, то можна встановити забезпеченість міста зеленими насадженнями.

Методи дослідження. Для проведення роботи використовувалися такі методи дослідження: метод наукового аналізу, синтезу, математико-статистичні методи, методи моделювання, методи вимірювання та порівняння.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в тому, що вперше було визначено кількість депонованого рослинами вуглецю для деяких об'єктів зеленої інфраструктури міста Харків.

Практичне значення одержаних результатів. Одержані результати можуть стати підґрунтям для створення нових та розширення вже існуючих об'єктів зеленої інфраструктури міста Харків, в місцях які найбільше цього потребують, таких як автодорожні шляхи чи промислові райони міста.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ В СФЕРІ ВУГЛЕЦЕВОЇ ЄМНОСТІ

Поняття «вуглецева ємність» існує в науковій спільноті вже тривалий час. І це не дивно, адже вуглецева ємність має прямий зв'язок із такими глобальними світовими проблемами як збільшенням викидів вуглекислого газу в навколишнє середовище та проблемою глобальних змін клімату. Але, не зважаючи на те, що це доволі відома тема, наукових публікацій існує не багато, а точним розрахунком вуглецевої ємності, а не її оцінкою, почали займатися лише в останні декілька років.

Серед світових публікацій головне місце в даній тематиці займає колективна робота 10 авторів з Австралії, Великої Британії, Франції, Австрії та США «Contributions to accelerating atmospheric CO₂ growth from economic activity, carbon intensity, and efficiency of natural sinks», яку було опубліковано у 2007 році [1]. Головним методом дослідження авторів став прямий аналіз даних Глобального Вуглецевого Проекту за 1959-2006 роки. Для визначення вмісту вуглекислого газу в атмосфері вони використали місячні та середньорічні концентрації CO₂, отримані від багатьох лабораторій, розташованих по всьому світу. Для аналізу викидів вуглецю від викопного палива було використано енергетичні дані від країн та енергетична статистика від Статистичного управління ООН. Викиди вуглецю внаслідок змін у землекористуванні були отримані від Глобальної оцінки лісових ресурсів Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН. Місткість вуглецю світової економіки було розраховано авторами за допомогою даних отриманих від Статистичного відділу ООН. В результаті зібраних даних, було отримано середні та пропорційні тенденції глобального вуглецевого бюджету за 1959-2006 роки: місткість вуглецю в економіці; викиди вуглецю від викопного палива, змін землекористування та загальні; поглинання вуглецю атмосферою, океаном та ґрунтом; і розподіл річних викидів в атмосферу, океан та ґрунт. Також вони з'ясували, що вуглецева ємність океану досягла межі депонування

надмірних кількостей вуглекислого газу, тобто накопичення CO₂ океаном сповільниться [1].

Науковці з Румунії I. Moise та V. Moise опублікували статтю «Algorithm for carbon capacity storage of the forest species according to soil characteristics and stands age» [2]. Їхні дослідження проводилися на території Добруджі, на різних типах ґрунтів. Авторами було запропоновано дві формули: перша для розрахунку кількості вуглецю, накопиченого лісовими породами, у віці експлуатації, для якої необхідно знати об'єм деревини у віці експлуатації, щільність безводної деревини, частку вуглецю в деревині та площу породи лісу; та формула для обчислення кількості вуглецю та часу, протягом якого він секвеструється. Для розрахунку останньої формули вони брали об'єм виробленої деревини за рік, вік деревини, площу породи лісу, щільність безводної деревини, індекс вмісту вуглецю в деревині та вік експлуатації. В результаті вони з'ясували, що обчислення кількості вуглецю та часу протягом якого він секвеструється є більш доцільним, адже вона показує всю кількість вуглецю, який накопичувався в деревині до її експлуатації. Також, автори з'ясували, що ґрунт є основним елементом, який визначає кількість накопиченого вуглецю деревними породами [2].

В Україні також проводилися дослідження вуглецевої ємності різних екосистем, або депонування вуглецю лісовими екосистемами. Однією з таких робіт можна назвати статтю П. І. Лакиди та Г. А. Сахарука «Динаміка біопродуктивності лісів Шацького національного природного парку» [3]. В своїй роботі вони аналізували динаміку біологічної продуктивності лісів Шацького національного природного парку, з метою встановлення депонувальної здатності вуглецю, за допомогою якої можна визначити вуглецеву ємність даної екосистеми. Автори охопили великий часовий проміжок з 1987 по 2002 роки. Лакида та Сахарук працювали з Державним обліком лісового фонду країни, таблицями ходу рослин та лісовим кадастром, і за допомогою статистичної програми STATISTICA розраховували запас стовбурової деревини, щільність та об'єм фітомаси і вуглецю в лісах

Шацького НПП, а також визначили їх динаміку за досліджувані роки. На основі цих даних вони змогли встановити обсяг кисню, який за 1 рік продукує досліджувана територія. Автори з'ясували, що динаміка продуктивності лісів Шацького національного парку має тенденцію до зростання основних таксаційних показників, а в результаті цього відповідно збільшується і продуктивність кисню [3].

Рожак В. П. в своїй роботі «Пули і потоки вуглецю в лісових екосистемах Стрийсько-Сянської Верховини (Українські Карпати)» досліджував основні пули та потоки вуглецю і його баланс на певних ділянках лісу Стрийсько-Сянської Верховини [4]. Він встановив, що найбільші запаси органічного вуглецю містяться в фітомасі, а найменші – в фітодетриті. В своїй роботі автор використовував різні методи – від польових до статистичних. Всього він розрахував об'єм вуглецю в фітомасі надґрунтової частини рослин, фітомасі підземної частини рослин, надземної та підземної частинах фітодетриту, а також об'єм вуглецю в ґрунті. На основі отриманих даних Рожак також встановив інтенсивність акумулювання вуглецю в чистій продукції. Автор встановив, що досліджувані ділянки лісу Стрийсько-Сянської Верховини можна охарактеризувати збалансованістю процесів фотосинтетичної асиміляції вуглецю атмосфери та величиною гетеротрофного дихання. А отримані дані можуть бути використані для розрахунку вуглецевої ємності певних регіонів лісів Українських Карпат [4].

В роботі «Вплив деревостанів Лісостепової Придніпровської височини на баланс вуглецю міста Біла Церква» за авторством С. С. Ковалевського розраховується обсяг депонованого вуглецю в лісах колективних господарств на досліджуваній території протягом 1984-2014 років [5]. Також автор встановлював обсяги шкідливих речовин, які надходили в атмосферу від пересувних та стаціонарних джерел забруднення, оцінював можливість лісів поглинати полютанти та можливість покращення стану навколишнього середовища навколо міста Біла Церква. Ковалевський визначив запас стовбурової деревини для досліджуваних лісів і розрахував депонований

вуглець на основі отриманих даних. Особливістю даної роботи є також розрахунок викидів оксиду вуглецю в атмосферу від стаціонарних та пересувних джерел, і порівняння динаміки обсягів викидів вуглецю з обсягами поглинання вуглецю лісами. В результаті автор з'ясував, що досліджувані лісові екосистеми спроможні поглинати щорічні викиди від усіх джерел забруднення в місті Біла Церква [5].

Робота Р. Д. Василюшина «Фітомаса та депонований вуглець лісів Львівської області в контексті лісорослинного районування» проведено оцінку компонентів надземної частини фітомаси лісів Карпат, а також розрахунок депонованого вуглецю [6]. Автор на основі статистичних даних провів дослідження на території Малого Полісся, Розточчя, Опілля, Передкарпаття та Карпат. Він розрахував не лише загальний об'єм фітомаси лісів досліджуваної території, а й окремо кожний компонент фітомаси та її щільність. А за допомогою отриманих даних визначив кількість депонованого вуглецю для кожної з досліджуваних територій. Важливо відмітити, що Василюшин також навів порівняльний графік викидів та депонованого вуглецю досліджуваної місцевості. Автор встановив, що ліси мають високий ресурсний потенціал, і це може відіграти важливу роль у вирішенні різних екологічних, економічних та енергетичних проблем у Львівській області [6].

Велика кількість робіт присвячена темі «вуглецевої ємності» у автора І. М. Шпаківської. В статті «Оцінка запасів органічного вуглецю в лісових екосистемах Східних Бескидів» в її співавторстві з О. Г. Марискевич було проведено оцінку запасів вуглецю органічного в підземній та надземній частинах фітомаси, фітодетриті, підстилці та ґрунті лісів Східних Бескидів [7]. Автори розраховували щільність запасів вуглецю для семи лісництв Турівського та Сколівського районів Львівської області для наведених вище компонентів, а також запаси органічного вуглецю в лісових екосистемах досліджуваних територій. На основі отриманих даних автори встановили, що відбулося вагоме зменшення запасів вуглецю органічного в лісах Східних Бескидів. Причиною зниження запасів автори назвали ведення лісового господарства, і

тому Шпаківська та Марискевич запропонували реконструкцію лісів до первинного породного складу, як один із заходів стабілізації запасі органічного вуглецю [7].

Метою статті «Запас карбону в лісовій підстилці на території Сколівських Бескидів (Українські Карпати)» за авторством Х. І. Чернявської та І. М. Шпаківської було дослідження запасів вуглецю, який міститься в лісовій підстилці Сколівських Бескидів [8]. Автори обрали вісім трансект на досліджуваній території, і для них розраховували запас органічного вуглецю в лісовій підстилці та ґрунті за допомогою польових, лабораторних та математичних методів. Також автори виявили кореляційну залежність вмісту органічного вуглецю в лісовій підстилці від крутизни схилу, а на її основі було створено регресійне рівняння для відображення цієї залежності. Таким чином, результати Чернявської та Шпаківської можна використовувати для прогнозування балансу вуглецю на території Сколівських Бескидів [8].

Наступна стаття І. М. Шпаківської «Баланс вуглецю у лісових екосистемах Українських Карпат» мала на меті оцінити баланс вуглецю для найпоширеніших лісових екосистем Карпат [9]. Автор досліджував природні та штучні смерекові і букові ліси. За допомогою прямих спостережень, математичних моделей, інверсного програмування та моніторингових досліджень було встановлено запаси вуглецю в фітомасі, фітодетриті та ґрунті досліджуваних об'єктів, а також інтенсивність потоків вуглецю у чистій первинній і чистій екосистемній продукціях і у внутріґрунтовому та поверхневому стоках. Шпаківська І. М. встановила, що вуглецева ємність досліджуваної території в 12-18 разів перевищує викиди від стаціонарних та пересувних джерел забруднення за 2007 рік [9].

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ВУГЛЕЦЕВОЇ ЄМНОСТІ ЗЕЛЕНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Розрахунок вуглецевої ємності зеленої інфраструктури міста Харків проводився за методикою авторів В. П. Пастернака та І. Ф. Букші «Інвентаризація парникових газів у лісовому господарстві України та шляхи її покращення» [10]. В основі даної методики лежать методи оцінки екосистемних послуг, за Лакида П. І.: методика оцінювання компонентів фітомаси в динаміці (оцінювання фітомаси стовбурів та пасинків об'ємним методом, визначення фітомаси дрібних гілок і листя ваговим методом); характеристика основних таксаційних показників сухостою дуба звичайного, клена, липи, в'яза та граба (їх діаметр, висота і клас сухостою); та дослідження депонованого вуглецю в мортмасі лісової екосистеми [11].

Розрахунок вуглецевої ємності зеленої інфраструктури міста Харків проводився в програмі Microsoft Excel. Було створено базу даних, яка містила в собі зібрані під час польового дослідження результати: площа насаджень, площа насаджень по групах, породний склад, поновлення деревини, індекс породного складу, вік насаджень, бонітет, кодування бонітету (1 і 2), кодування бонітету (3 і 4), тип лісорослинних умов, коефіцієнт типу лісорослинних умов, повнота деревостану, запас деревини на 1 м³, сухостій (м³/га) та захаращеність (м³). Площа насаджень – загальна площа фітомаси в досліджуваному об'єкті. Площа насаджень по групах – площа відповідних видів дерев в досліджуваному об'єкті. Склад деревостану – перелік деревних порід, які формують деревостан із визначенням частки кожної з них від загального запасу. [12]. Поновлення насадження – це процес формування нового покоління насадження природним шляхом [12]. Бонітет – це показник природної продуктивності деревостану [12]. Тип лісорослинних умов – це сукупність покритих і непокритих лісом земельних ділянок з подібними ґрунтово-гідрологічними умовами, які мають близький лісорослинний ефект

[12]. Повнота насадження - ступінь щільності розташування дерев, що характеризує ступінь використання ними зайнятого простору [12]. Запас деревини – це об’єм сироростучого лісу на одиницю площі [13]. Сухостій – об’єм сухостою на 1 га. Захарашеність – об’єм захарашеності деревостою.

На основі зібраних даних проводилися розрахунки. Розраховувалися такі параметри, як запас вуглецю живої фітомаси (в листі (хвої), в гілках, в стовбурі, в корінні, в деревостані, запас вуглецю, в підрісті та підліску, у надґрунтовому покриві, загальний запас живої фітомаси), запас вуглецю відмерлої фітомаси (в сухостої (крона), в сухостої (стовбур), в сухостої (коріння), загальний в сухостої, захарашеність, загальний запас вуглецю у відмерлій фітомасі), запас вуглецю в підстилці, запас вуглецю в ґрунті, загальний запас органічного вуглецю, запас органічного вуглецю на 1 гектар.

Розрахунок запасу вуглецю в живій фітомасі визначено за формулами:

$$R_{v(\dots)} = a_0 * A^{a_1} * B^{a_2} * \exp(a_3 * A), \quad (2.1)$$

$$R_{v(\dots)} = a_0 * A^{a_1} * B^{a_2} * P^{a_3} * \exp(a_4 * A + a_5 * P), \quad (2.2)$$

$$R_{v(\dots)} = a_0 * B^{a_1} A^{(a_2 + a_3 * P + a_4 * P_2)}, \quad (2.3)$$

де А – вік років;

В – бонітет;

Р – відносна повнота.

Запас вуглецю в чистій первинній продукції для живої фітомаси розраховувався за формулою:

$$V_{ag} = dGS(R_{ab} + R_{bl} + R_{us}) + \sum_i (dMR_i + HarvR_i + \frac{GSR_i}{Turn_i}), \quad (2.4)$$

де dGS – чистий приріст стовбурної деревини, м³га⁻¹ за рік;

dM – природний відпад, м³га⁻¹ за рік;

R_i – вирази для розрахунку фракцій фітомаси;

$Turn_i$ – час існування фракцій.

Запас вуглецю в підліску живої фітомаси розраховано за формулою:

$$R_{uc} = 0,45(1,311P^2 + 2,561P - 0,0263)m, \quad (2.5)$$

де P – повнота деревостану;

m – коефіцієнт, що залежить від віку переважаючої породи.

Об'єм вуглецю в підрісті живої фітомаси розраховувався за формулою:

$$R_{rg} = 0,45k_1k_2Ke^{k_3 \cdot h}, \quad (2.6)$$

де K – кількість особин підросту на 1 га;

k_1, k_2, k_3 – коефіцієнти;

h – висота, см.

Вміст вуглецю у сухостій відмерлої фітомаси розраховано за формулою:

$$R_{dw} = 0,5kD_wN/10, \quad (2.7)$$

де k – коефіцієнт фракції фітомаси;

D_w – запас на 1 га;

N – коефіцієнт складу насадження.

Запас вуглецю у захаращеній частині відмерлої фітомаси визначався за формулою:

$$R_d = 0,5kD, \quad (2.8)$$

де k – коефіцієнт залежності від породного складу;

D_w – запас відмерлої деревини на 1 га;

N – коефіцієнт складу насадження.

Об'єм вуглецю в лісовій підстилці розраховано за формулою:

$$R_{lit} = (0,001H_{asl} + 4,27)k_1(k_2A^2 + k_3A + k_4)P, \quad (2.9)$$

де H_{asl} – висота над рівнем моря;

A – вік деревостану;

P – повнота;

k_1, k_2, k_3 – коефіцієнти.

До об'єктів зеленої інфраструктури міста Харків відносяться: парки, сквери, захисні насадження вздовж доріг, захисні насадження для розділу смуг руху, бульвари, зелені насадження прибудинкової території, природні деревостани і ділянки природно-заповідного фонду.

Парк – самостійний архітектурно-організаційний комплекс площею понад 2 га, який виконує санітарно-гігієнічні функції та призначений для короткочасного відпочинку населення [14]. Парки відносяться до об'єктів благоустрою, тому характеризуються низьким відсотком відмерлої фітомаси та сухостою. Такими парками є парк «Зустріч», Фентезі парк, парк Машинобудівників (рис. 2.1).

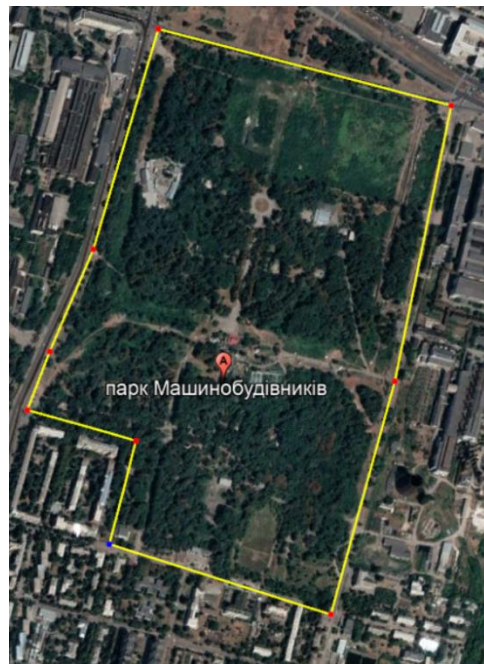


Рис. 2.1 – Парк Машинобудівників

Сквер - упорядкована й озеленена ділянка площею від 0,02 га до 2,0 га, яка є елементом архітектурно-художнього оформлення населених місць, призначена для короткочасного відпочинку населення [14]. Сквери також відносяться до об'єктів благоустрою, тому для них також є характерною низька частка відмерлих рослин та сухостою. Прикладами скверів в місті Харків є Олександрівський сквер, сквер Стрілка, Михайлівський сквер та сквер Незалежності (рис. 2.2).

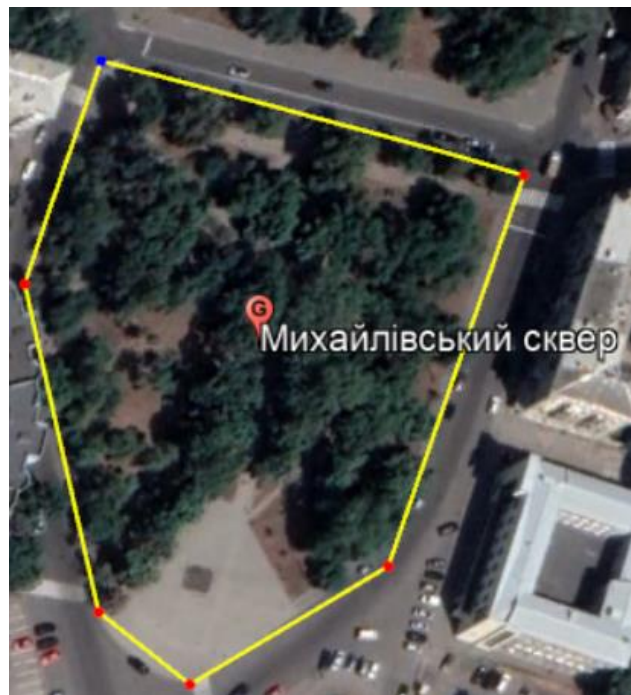


Рис. 2.2 – Михайлівський сквер

Захисні насадження вздовж доріг, захисні насадження для поділу смуг руху – розташовані з обох сторін доріг або поділяють дороги на окремі смуги руху на землях їхнього відведення; вони призначені захищати від снігових і піщаних занесень, лавин, обвалів, зсувів, осипів, ерозії та дефляції, а також знижувати рівень шуму, виконувати санітарно-гігієнічні та естетичні функції, огорожувати рухомий транспорт від несприятливих аеродинамічних дій (рис. 2.3). Для захисних насаджень найчастіше використовують дерева або чагарники. Захисні насадження вздовж доріг і для поділу смуг руху є

елементами благоустрою, і відсоток захищеності чи сухостою для них відсутній.



Рис. 2.3 – Захисні насадження для розділу смуг руху на проспекті Науки

Бульвар – озеленена територія вздовж проспекту, транспортної магістралі або набережної з алеями і доріжками для пішохідного руху і короточасного відпочинку [14]. Бульвари відносяться до елементів благоустрою, відповідно, вони ретельно доглядаються і відмерлі чи сухі рослини на них відсутні. Бульварами в м. Харків є бульвар Юр'єва, бульвар Жасміновий (рис. 2.4).

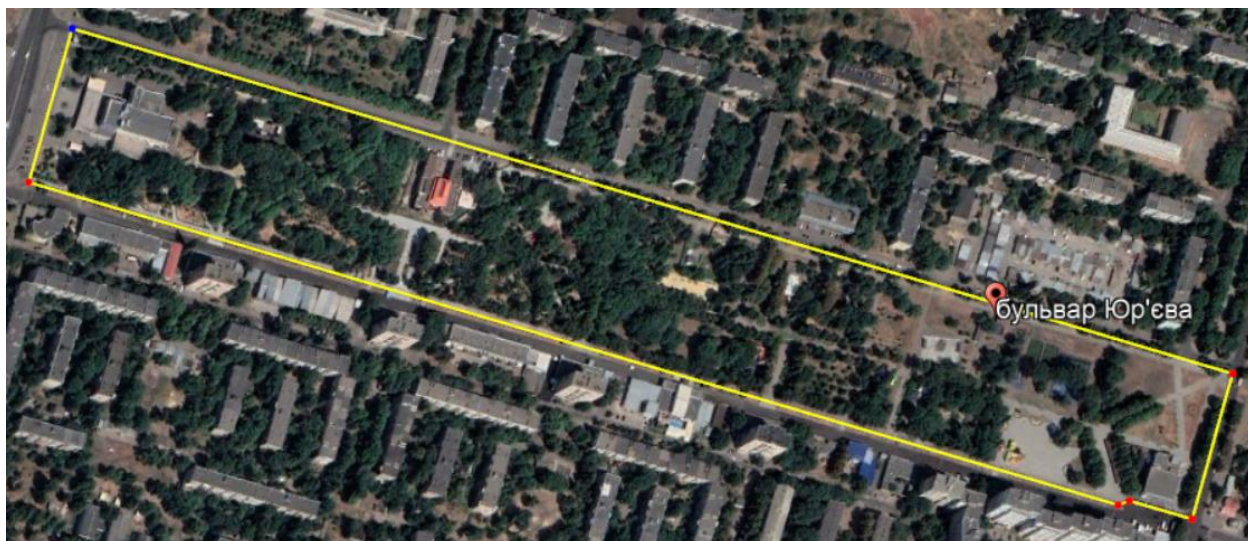


Рис. 2.4 – Бульвар Юр'єва

Зелені насадження прибудинкової території – можуть містити в собі дерева, чагарники, квіткову або трав'янисту рослинність, переважно штучного походження (рис. 2.5). Цей тип зеленої інфраструктури відноситься до об'єктів благоустрою, які можуть мати певну частку сухоостою чи мортмаси зелених насаджень.



Рис. 2.5 – Зелені насадження прибудинкової території на провулку
О. Яроша

Природні деревостани – ділянки природної рослинності в межах міста (рис. 2.6). Цей тип зеленої інфраструктури відноситься до об'єктів благоустрою, але вони можуть мати більшу частку відмерлих рослин, сухостою чи захаращеності, ніж інші об'єкти благоустрою, за якими ведеться більш ретельний догляд.

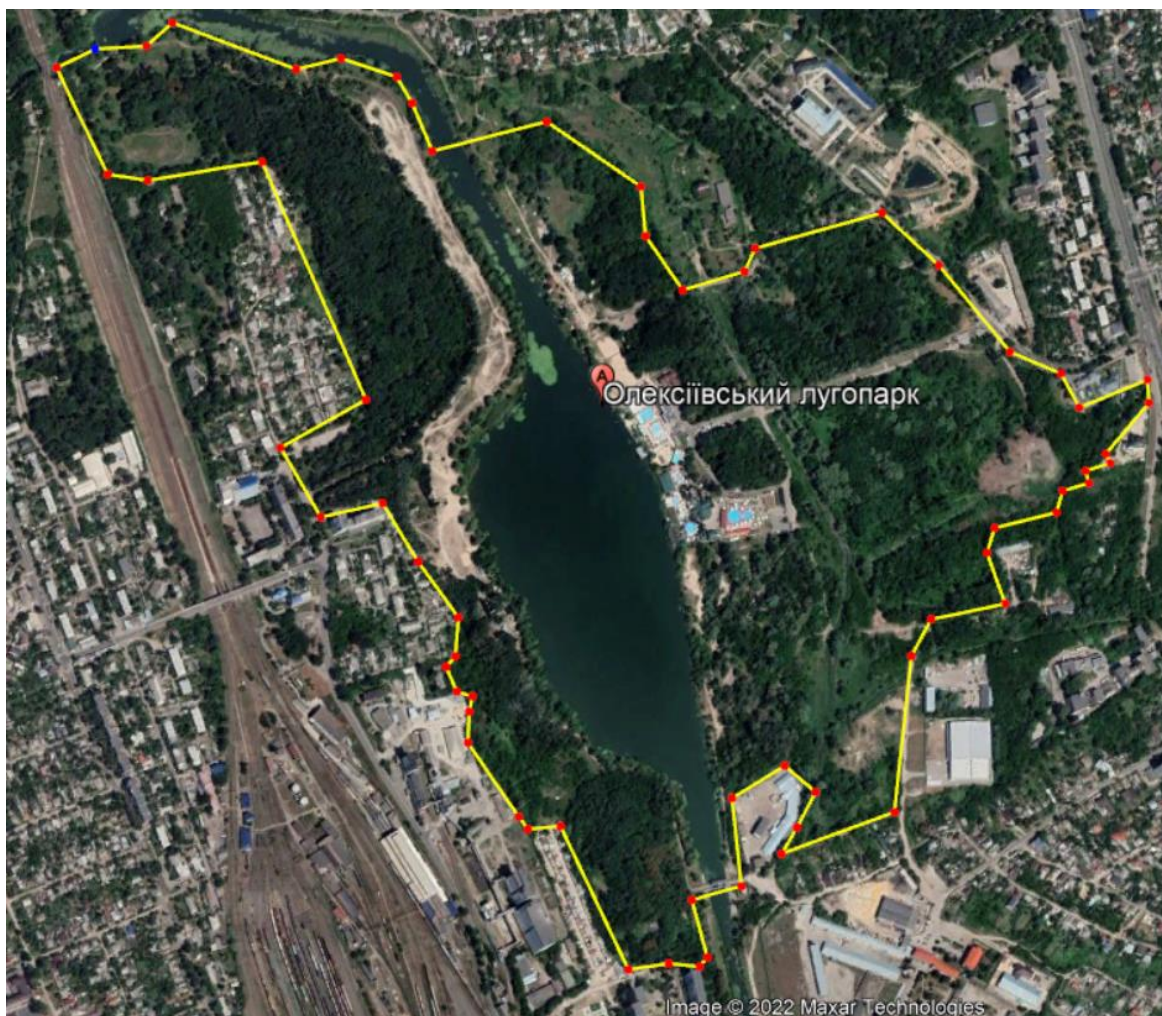


Рис. 2.6 – Олексіївський лугопарк

Ділянки природно-заповідного фонду в місті – об'єкти чи території природно-заповідного фонду, або їх ділянки, які знаходяться в межах міста. Вони мають окремий юридичний статус та режим охорони територій, відповідно до яких може здійснюватися повна заборона на втручання людини в природну екосистему. Такими ділянками в місті Харків є Ботанічний сад ХНУ імені В. Н. Каразіна, регіональний ландшафтний парк «Сокольники-

Помірки», Крюківський гідрологічний заказник та деякі пам'ятки природи (рис. 2.7).



Рис. 2.7 – Ботанічний сад ХНУ імені В. Н. Каразіна

РОЗДІЛ 3

ДОСЛІДЖЕННЯ ВУГЛЕЦЕВОЇ ЄМНОСТІ ЗЕЛЕНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ
М. ХАРКІВ

3.1 Опис об'єктів зеленої інфраструктури м. Харків

Для виконання кваліфікаційної роботи було обрано такі ділянки: Жасміновий бульвар, регіональний ландшафтний парк «Сокольники-Помірки», лісовий заказник «Григорівський бір», захисні насадження на пр. Героїв Харкова (від АЗС «Rodnik» вздовж вул. Миру), захисні насадження на пр. Героїв Харкова (р-н м. О. Масельського), захисні насадження вздовж вул. Дружби Народів. Для опрацювання зібраних під час польового дослідження даних, було створено базу даних в програмі Microsoft Excel (рис. 3.1).

квартал	виділ	площа, га	площі по групах	Склад	поновлення	індекс породного складу	А	вік, роки	бонітет	В	кодуювання бонітету (1 і 2)	В	кодуювання бонітету (3 і 4)	тип ЛРУ	коефіцієнт типу ЛРУ	Р	повнота	запас на м3	сухості, м3/га	захараченість, м3 на виділ
рівняння для розрахунків																				
1	10,0	10,0	Яле Яцб	н	10	60	1	25	6	D3	49,3	0,9	400	20	50					
1	10,0	10,0	Сосна звичайна	н	10	60	1	25	6	C3	29	0,9	400	10	10					
1	10,0	10,0	Бук лісовий	н	10	60	1	25	6	C3	29	0,9	400	10	10					
1	10,0	10,0	Дуб звичайний	н	10	60	1	25	6	C3	29	0,9	400	10	10					
1	10,0	10,0	Вільха	в	10	60	1	25	6	C3	29	0,9	200	10	10					
1	10,0	10,0	Осика	н	10	60	1	25	6	C3	29	0,9	200	10	10					
1	10,0	10,0	Береза	н	10	60	1	25	6	C3	29	0,9	200	10	10					
Жасміновий бульвар																				
	3,4	3,4	10Кл		10	60	1	25	6	C3	29	0,4	200							
РЛП Сокольники-Помірки																				
	163,1	163,1	10Д		10	60	1	25	6	C3	29	0,9	400							
Григорівський бір																				
	76,0	76,0	10Д		10	60	1	25	6	C3	29	0,9	400							
Захисні насадження пр. Героїв Харкова (від АЗС Родник вздовж вул. Миру-новобудови)																				
	2,6	2,6	10Кл		10	60	1А	25	6	C3	29	0,7	182							
	0,96	1,0	10Кл		10	60	1А	25	6	C3	29	0,6	182							
	3,6	3,6				60														
Героїв Харкова (р-н М. Масельського)																				
	0,65	0,65	10Кл		10	60	1А	25	6	C3	29	0,3	182							
Вул. Дружби народів (вздовж вулиці)																				
	5,35	5,35	10Кл		10	60	1А	25	6	C3	29	0,3	182							
Загальна площа зелених насаджень																				
		252,1				80,0														

Рис. 3.1 – Фрагмент бази даних із внесеною до неї інформацією

Важливо відмітити, що зважаючи на фізико-географічні особливості розташування міста Харків, деякі дані будуть однаковими для всіх досліджуваних ділянок. До них належать бонітет, кодування бонітету і тип та коефіцієнт лісорослинних умов. Також, є характерним відсутність сухостою та захаращеності для обраних об'єктів зеленої інфраструктури.

Таким чином, під час збору даних було встановлено, що породний склад Жасмінового бульвару, а також захисних насаджень на пр. Героїв Харкова і вул. Дружби Народів повністю складається з клену. А породний склад регіонального ландшафтного парку «Сокольники-Помірки» та лісового заказнику «Григорівський бір» складається з дубу звичайного. Вік дерев на досліджуваних об'єктах становить 60 років. Бонітет має значення 1 (1А). Кодування бонітету (1 і 2) і (3 і 4) становлять 25 та 6 відповідно. Тип лісорослинних умов, за едафічною сіткою типів лісорослинних умов Алексеєва-Погребняка, для міста Харкова є С3 (вологі сугруди) [12]. А коефіцієнт типу ЛРУ становить 29. Повнота ділянок різниться від 0,3 (для захисних насаджень вздовж доріг) до 0,9 (для об'єктів природно-заповідного фонду). Запас деревини на м³ також варіюється від 182 м³ (для захисних насаджень) до 400 м³ (для об'єктів ПЗФ).

3.2 Розрахунок вуглецевої ємності об'єктів зеленої інфраструктури м. Харків

На основі зібраних даних проводився розрахунок запас вуглецю в живій та мертвій фітомасі, підстилці та ґрунті досліджуваних об'єктів. Розрахунок проводився автоматично, в комірки було записано формули, на основі яких отримувалися результати вмісту органічного вуглецю (рис. 3.2). Оскільки на досліджуваних об'єктах були відсутні відмерлі рослини, сухостій та захаращеність, ці дані не обчислювались. Загальний запас органічного

вуглецю обраних об'єктів є сумою запасу вуглецю в живій фітомасі, запасу вуглецю в підстилці та запасу вуглецю в ґрунті.

запас С живої фітомаси											запас С відмерлої фітомаси, т С											
лістя (хвоя)	гілки	стовбур	коріння	деревостан	запас С, т/га	підріст+підлісок, т		надгрунтовий покрив, т		разом жива фітомаса, т	жива фітомаса, т/га	сухостій (крона)	сухостій (стовбур)	сухостій (коріння)	сухостій, С т	захарченість, С т	разом відмерла фітомаса, С т	підстилка, т С	ґрунт, т С	загальний запас органічного вуглецю, С т	запас органічного вуглецю, С т/га	
0,03	0,05	0,37	0,09	1071,20	107,12	0,55	2,77	0,45	4,50	1078,48	107,85	2	30	2	34,00	62,50	96,5	86,42	493,00			
0,03	0,08	0,43	0,11	1290,42	129,04	1,20	6,02	3,22	4,50	1300,94	130,09	1	15	1	17,00	12,50	29,5	86,42	290,00			
0,01	0,11	0,59	0,19	1816,92	181,69	1,96	9,82	2,69	12,10	1838,85	183,88	1	15	1	17,00	12,50	29,5	38,23	290,00			
0,01	0,12	0,59	0,08	1605,54	160,55	1,96	9,82	2,69	12,10	1627,46	162,75	1	15	1	17,00	12,50	29,5	38,23	290,00			
0,01	0,04	0,56	0,13	738,93	73,89	1,96	9,82	2,69	4,50	753,25	75,32	1	15	1	17,00	12,50	29,5	31,43	290,00			
0,01	0,04	0,38	0,13	553,53	55,35	1,87	9,33	5,96	4,50	567,36	56,74	1	15	1	17,00	12,50	29,5	31,43	290,00			
0,02	0,08	0,55	0,13	779,32	77,93	1,87	9,33	5,96	4,50	793,15	79,32	1	15	1	17,00	12,50	29,5	31,43	290,00			
0,01	0,11	0,59	0,33	355,68	104,61	2,31	3,93	4,63	7,09	366,70	107,85	0	0	0	0,00	0,00	0	4,91	98,60	470,21	138,30	
0,01	0,12	0,59	0,08	26186,36	160,55	1,96	160,22	2,69	197,34	26543,93	162,75	0	0	0	0,00	0,00	0	623,58	4729,90	31897,41	195,57	
0,03	0,08	0,43	0,11	153,24	58,71	1,35	1,76	3,81	1,17	156,18	59,84	0	0	0	0	0	0	16,68	75,69	248,55	95,23	
0,03	0,08	0,43	0,11	56,37	58,71	1,41	0,68	4,14	0,43	57,48	59,87	0	0	0	0	0	0	5,10	27,84	90,42	94,18	
				209,61	58,71					213,66	59,86							0	16,68	75,69	306,03	85,72
0,03	0,08	0,43	0,11	38,16	58,71	1,48	0,48	5,22	0,29	38,94	59,91	0	0	0	0	0	0	1,50	18,85	59,29	91,22	
0,01	0,11	0,59	0,41	548,56	102,53	2,50	6,68	5,16	12,43	567,67	106,11	0	0	0	0,00	0,00	0	5,47	155,15	728,30	136,13	
				27338,37	97,03					27730,89	99,29						0	652,16	5078,19	33461,24	132,75	

Рис. 3.2 – Результати розрахунку вуглецевої ємності досліджуваних об'єктів

Таким чином, для Жасмінового бульвару (рис. 3.3), площею 3,4 га, запас вуглецю в листі становить 0,01 т, в гілках - 0,11 т, у стовбурі – 0,59 т, в корінні – 0,33 т, в деревостані накопичено 355,68 т вуглецю, запас вуглецю на 1 га складає 104,61 т/га, в підрісті та підліску накопичено 2,31 та 3,93 т відповідно, у надґрунтовому покриві 4,63 та 7,09 т, загальний запас вуглецю в живій фітомасі складає 366,7 т, а в перерахунку на 1 га – 107,85 т/га. Загальний запас органічного вуглецю в підстилці складає 4,91 т, а загальний запас вуглецю в ґрунті становить 98,6 т. Загальний запас органічного вуглецю, депонований рослинами Жасмінового бульвару, становить 470,21 т, або 138,3 т/га (рис. 3.4).

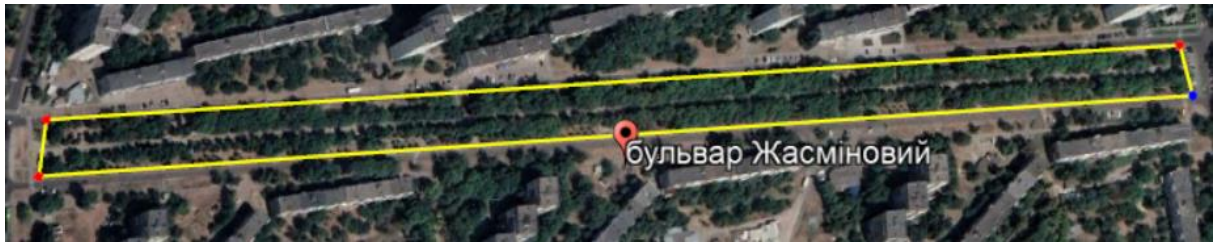


Рис. 3.3 – Жасміновий бульвар

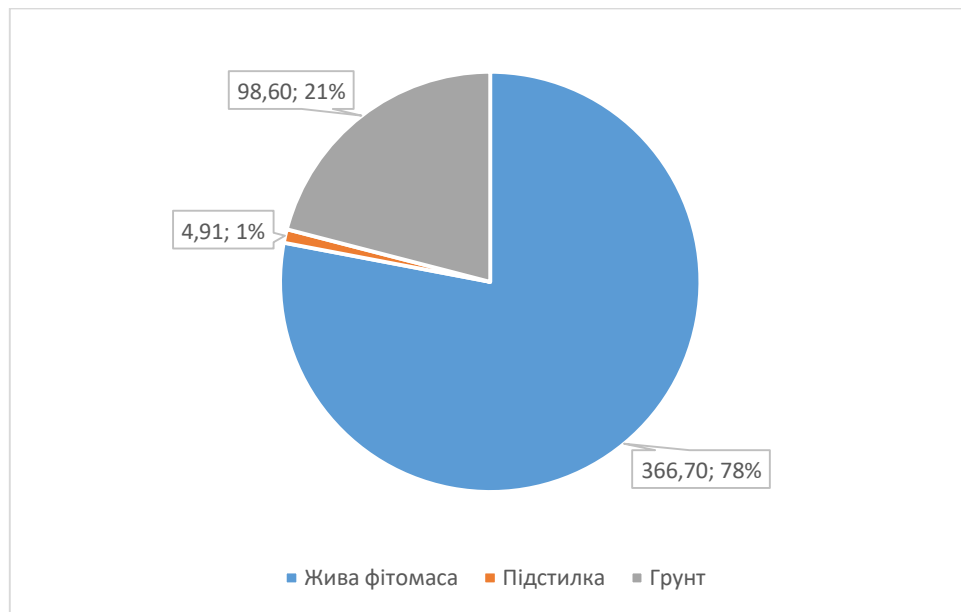


Рис. 3.4 – Загальний запас вуглецю, накопиченого рослинами Жасмінового бульвару, т

Площа досліджуваної території регіонального ландшафтного парку «Сокольники-Помірки» становить 163,1 га (рис. 3.5). Запас вуглецю в живій фітомасі становить: 0,01 т вуглецю в листі, 0,12 т в гілках, 0,59 т в стовбурі, 0,08 т в корінні, 26186,36 т в деревостані, 160,55 т/га вуглецю в живій фітомасі; 1,96 т вуглецю в підрісті та 160,22 т в підліску, 2,69 т і 197,34 т в надґрунтовому покриві. Загальний вміст вуглецю в живій фітомасі РЛП «Сокольники-Помірки» становить 26543,93 т, або 162,75 т/га. Загальний вміст органічного вуглецю в підстилці складає 653,58 т, а в ґрунті – 4729,9 т. Загальний запас органічного вуглецю в фітомасі Сокольників-Помірок складає 31897,41 т, в перерахунку на 1 га це значення становить 195,97 т/га вуглецю (рис. 3.6).



Рис. 3.5 – Досліджувана територія РЛП «Сокольники-Помірки»

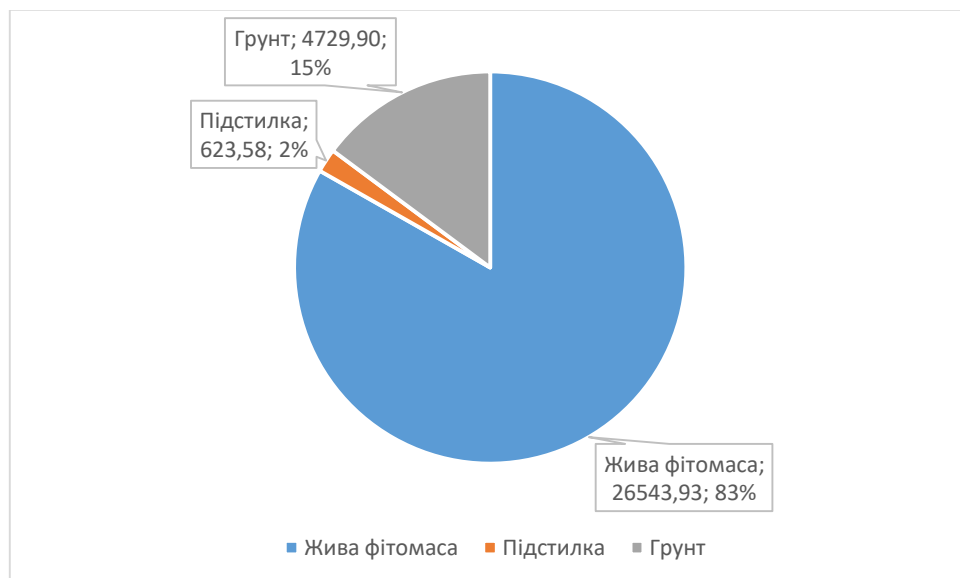


Рис. 3.6 – Загальний запас вуглецю, накопиченого рослинами РЛП «Сокольники-Помірки»

Маса депонованого в живій фітомасі лісового заказника «Григорівський бір» (рис. 3.7), площею 76 га, вуглецю становить 0,01 т в листі, 0,12 т в гілках, 0,59 в стовбурі, 0,08 т в корінні, 12202,11 т вуглецю в деревостані і 160,55 т

вуглецю на 1 га деревостану; 1,96 т вуглецю в підрісті та 74,66 т вуглецю в підліску, 2,69 т і 91,96 т органічного вуглецю в надґрунтовому покриві; разом маса вуглецю, депонованого в живій фітомасі, становить 12368,72 т, в перерахунку на 1 га – 162,75 т/га. Загальна маса вуглецю в підстилці складає 290,57 т, а в ґрунті – 2204 т вуглецю. Загальний запас органічного вуглецю, накопичений в рослинах Григорівського бору, становить 14863,29 т, або 195,57 т вуглецю на 1 га досліджуваного об'єкта (рис. 3.8).

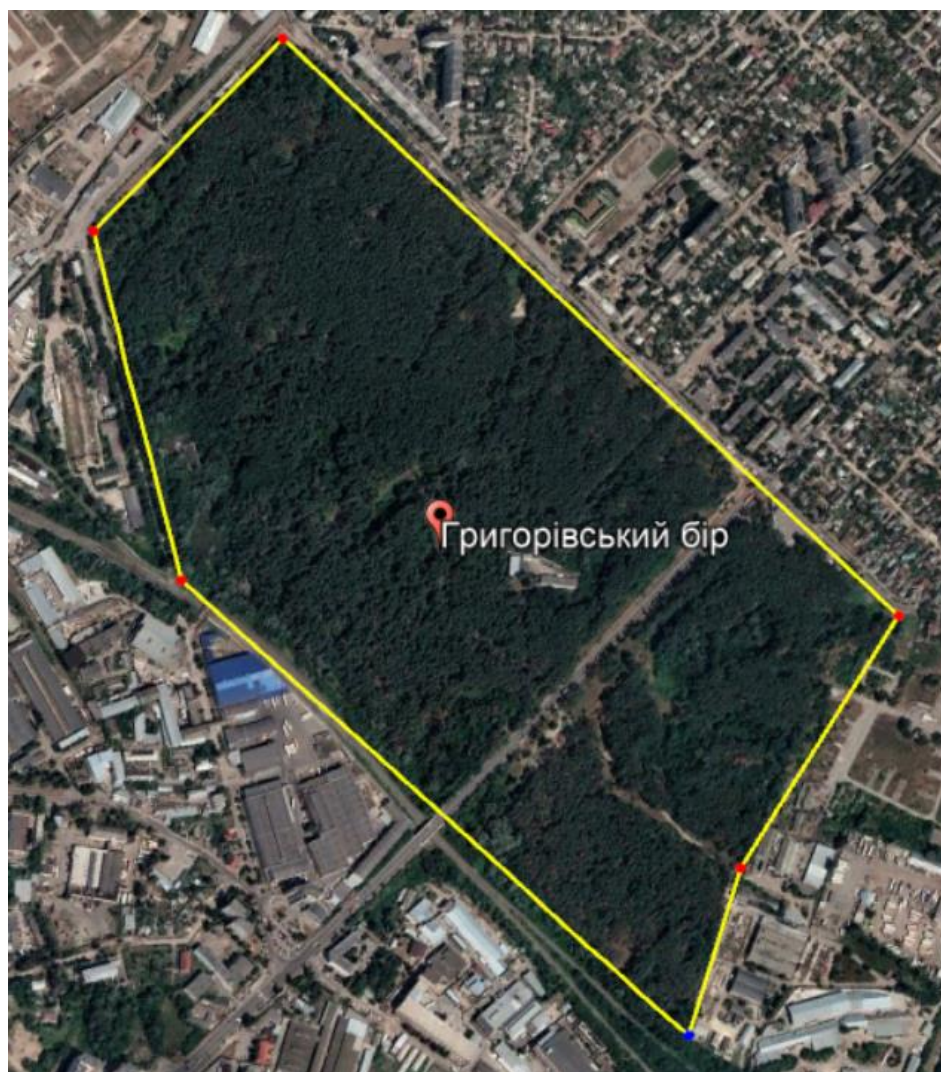


Рис. 3.7 – Лісовий заказник «Григорівський бір»



Рис. 3.8 – Загальний вміст вуглецю, накопиченого рослинами Григорівського бору

Загальна площа захисних насаджень вздовж пр. Героїв Харкова (від АЗС «Rodnik» до вул. Миру) становить 3,6 га, але її було поділено на дві ділянки (рис. 3.9): перша ділянка площею 2,6 га, друга – 1 га. Таким чином, запас вуглецю, накопичений листям досліджуваного об'єкта складає 0,03 для обох ділянок, в гілках було накопичено по 0,08 т вуглецю, у стовбурі – 0,43 в обох випадках, в корінні накопичено по 0,11 т; у деревостані першої ділянки накопичено 153,24 т вуглецю, а другої – 56,37 т, в перерахунку на 1 га запас вуглецю становить 58,71 т/га в обох випадках. В підрісті першої ділянки накопичено 1,35 т, а другої – 1,41 т вуглецю; підлісок депонував 1,76 т та 0,68 т вуглецю відповідно; в надґрунтовому покриві накопичено 3,81 і 1,17 т вуглецю для першої ділянки та 4,14 і 0,43 т вуглецю для другої ділянки. Всього в живій фітомасі накопичено 156,18 т і 57,48 т вуглецю для першої та другої ділянок відповідно, що становить 59,84 т/га і 59,87 т/га органічного вуглецю. Загальна маса вуглецю накопичена в підстилці захисних насаджень становить 16,68 т і 5,1 т; а в ґрунті – 75,69 т та 27,84 т для першої і другої ділянок. Загальний запас органічного вуглецю складає 248,55 т і 95,23 т/га для фітомаси першої ділянки і 90,42 т та 94,18 т/га для фітомаси другої ділянки. Загальний запас вуглецю, депонованого на обох ділянках, становить 209,61 т в

деревостані і 58,71 т/га деревостану; 213,66 т вуглецю в живій фітомасі і 59,86 т вуглецю на 1 га живої фітомаси; 21,78 т вуглецю в підстилці, 103,53 т органічного вуглецю в ґрунті; загальний запас вуглецю, депонований досліджуваними захисними насадженнями, становить 338,97 т, або 94,95 т вуглецю на 1 га території (рис. 3.10, рис. 3.11).



Рис. 3.9 – Захисні насадження на пр. Героїв Харкова (АЗС «Rodnik» - вул. Миру)

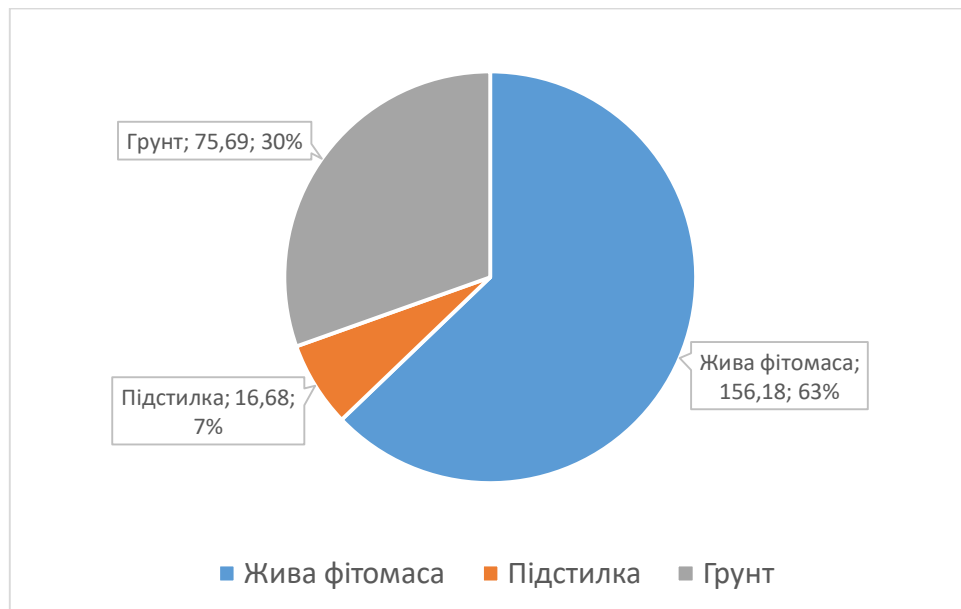


Рис. 3.10 – Загальний запас вуглецю, накопиченого рослинами ЗН на пр. Героїв Харкова (від АЗС «Rodnik», 1 ділянка)

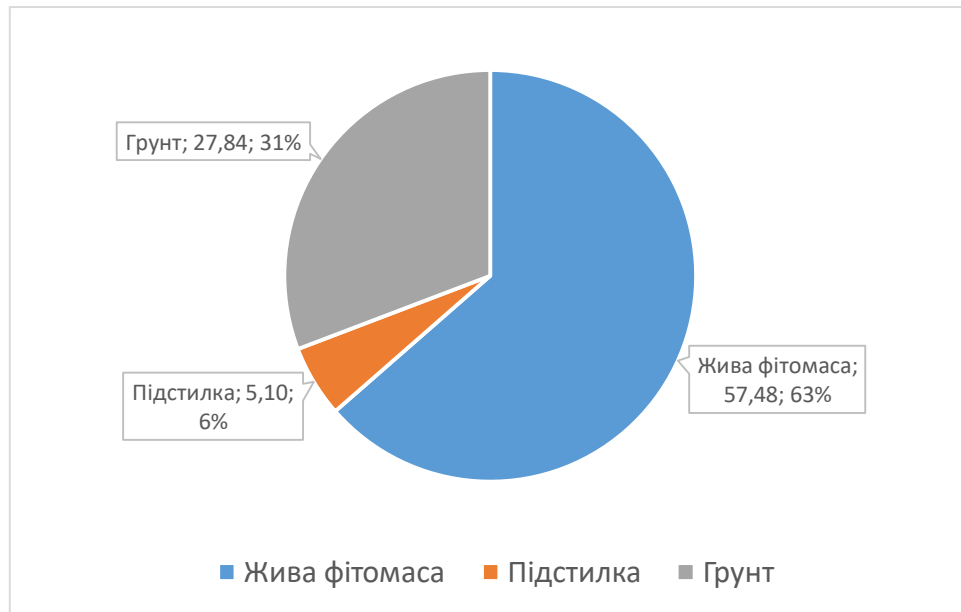


Рис. 3.11 – Загальний запас вуглецю, накопиченого рослинами ЗН на пр. Героїв Харкова (від АЗС «Rodnik», 2 ділянка)

Площа захисних насаджень на пр. Героїв Харкова (р-н ст. м. О. Масельського) має 0,65 га (рис. 3.12). Живою фітомасою даного об'єкту було депоновано: 0,03 т вуглецю в листі, 0,08 т в гілках, 0,43 т у стовбурі, 0,11 т в корінні, 38,16 т вуглецю в деревостані, що становить 58,71 т/га органічного вуглецю; 1,48 т в підрісті, 0,48 т в підліску, 5,22 т і 0,29 т вуглецю у надґрунтовому покриві; разом живою фітомасою накопичено 38,94 т вуглецю, або 59,91 т/га. Загальна маса вуглецю в підстилці становить 1,5 т, а в ґрунті – 18,85 т. Загальний запас органічного вуглецю, накопиченого захисними насадженнями пр. Героїв Харкова в р-н ст. м. О. Масельського становить 59,29 т, в перерахунку на 1 га це значення складає 91,22 т/га вуглецю (рис. 3.13).



Рис. 3.12 – Захисні насадження на пр. Героїв Харкова в р-н ст.
м. О. Масельського

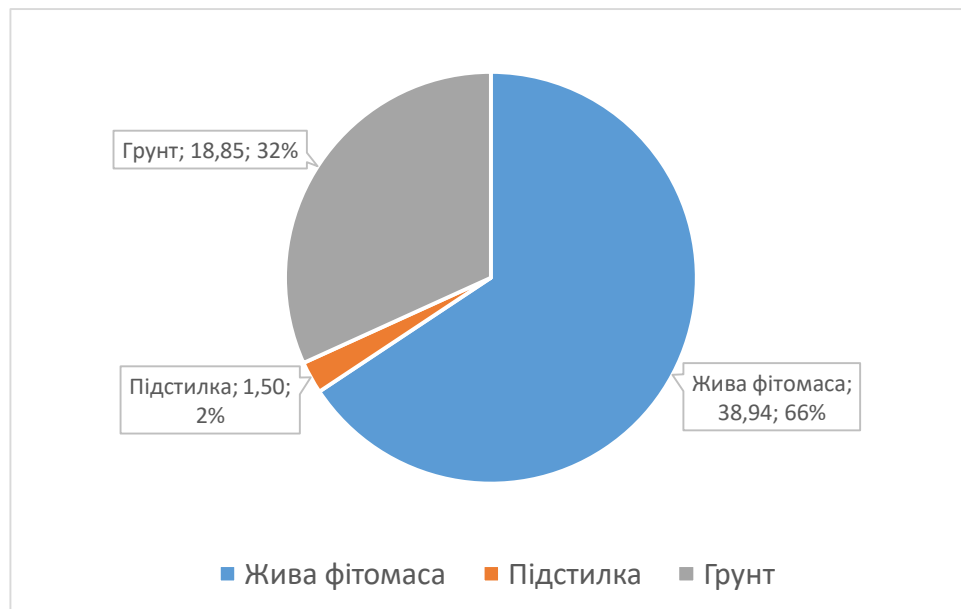


Рис. 3.13 – Загальний запас вуглецю, накопиченого рослинами ЗН на
пр. Героїв Харкова (в р-н ст. м. О. Масельського)

Маса накопиченого вуглецю захисними насадженнями вул. Дружби Народів (рис. 3.14), площею 5,35 га, становить 0,01 т в листі, 0,11 т в гілках, 0,59 т в стовбурі, 0,41 т в корінні, 548,56 т в деревостані і 102,53 т вуглецю на 1 га деревостану; 2,5 т і 6,68 т вуглецю підрісті та підліску відповідно, 5,16 т і 12,43 т в надґрунтовому покриві; 567,67 т вуглецю всього накопичено живою фітомасою, це становить 106,11 т вуглецю на 1 га захисних насаджень.

Підстилкою всього депоновано 5,47 т вуглецю, а ґрунтом – 155,15 т. Загальний запас органічного вуглецю, накопичений захисними насадженнями на вул. Дружбі народів становить 728,3 т, або 136,13 т/га органічного вуглецю (рис. 3.15).



Рис. 3.14 – Захисні насадження на вул. Дружби Народів

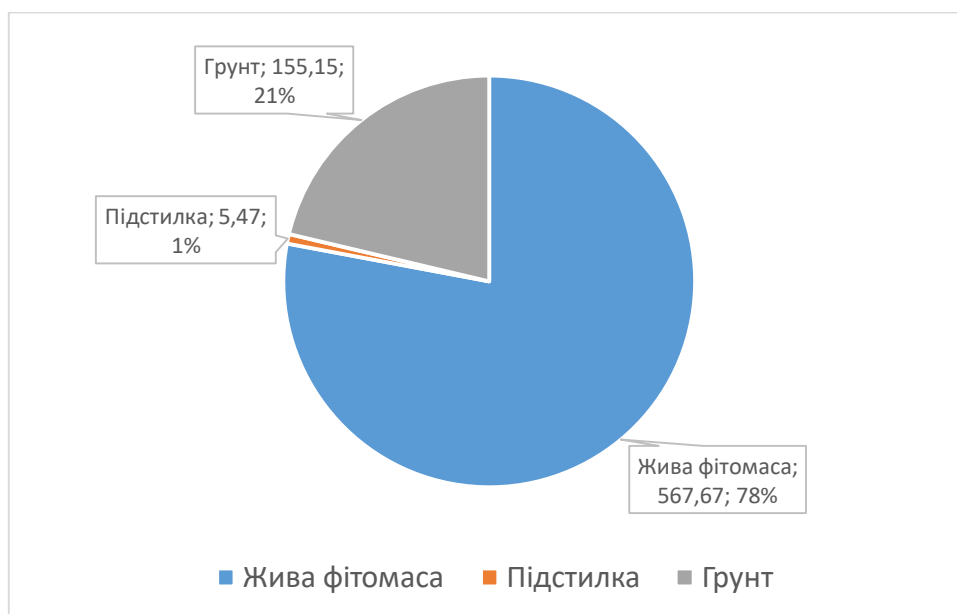


Рис. 3.15 – Загальний вміст вуглецю, накопиченого рослинами вздовж вул. Дружби Народів

Встановлено, що кількість депонованого рослинами на досліджуваних об'єктах вуглецю, для листя, гілок, стовбуру та коріння становить приблизно однакові значення (рис. 3.16). В листі накопичено від 0,01 до 0,03 т вуглецю, гілками депоновано 0,08-0,12 т вуглецю, в стовбурі – від 0,43 т до 0,59 т органічного вуглецю, а корінням накопичено 0,08-0,41 т вуглецю. Серед всіх значень найбільше вирізняється кількість вуглецю, накопиченого в корінні рослин Жасмінового бульвару та захисних насаджень на вул. Дружби Народів. Він складає 0,33 та 0,41 т відповідно. Це пояснюється тим, що породний склад цих зелених об'єктів складається з клену; їх площа насаджень в декілька разів перевищує площу інших об'єктів, породний склад яких також включає клен; а також вони мають відносно низьку повноту насаджень.

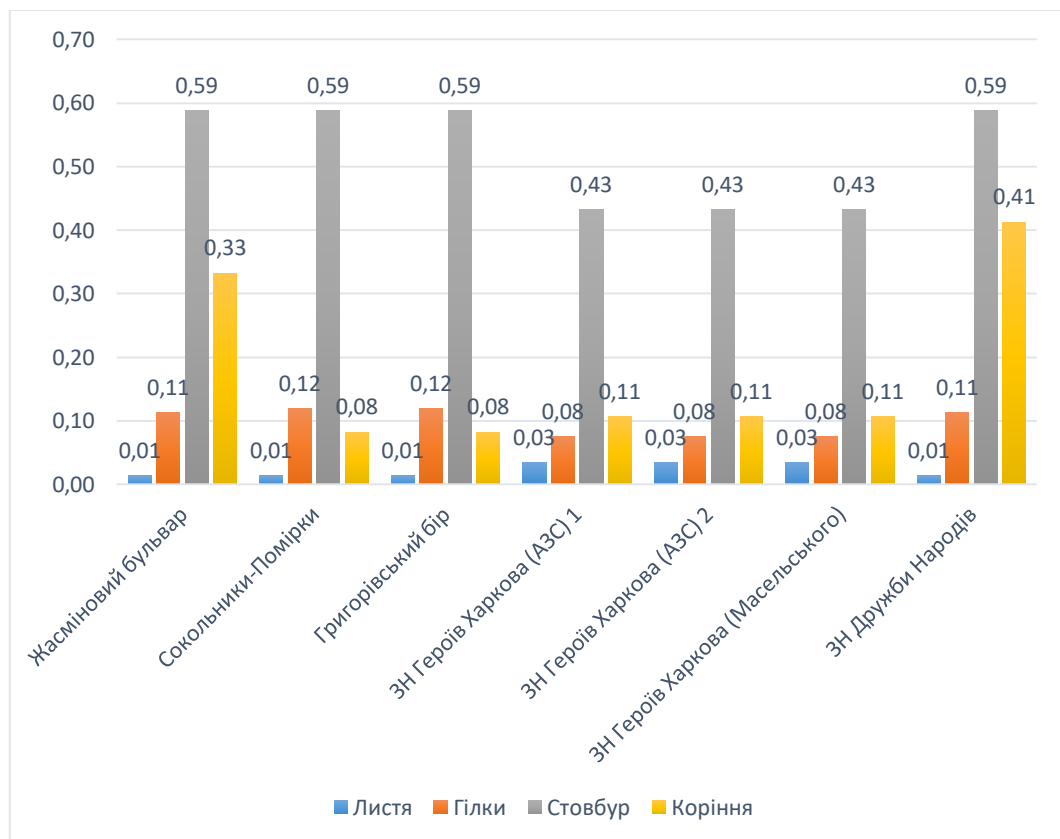


Рис. 3.16 – Кількість депонованого різними частинами рослин вуглецю на всіх досліджуваних об'єктах

Встановлено, що деревостаном дубу звичайного депоновано 26186,36 т вуглецю і 12202,11 т вуглецю в Сокольниках-Помірках та Григорівському бору, відповідно (рис. 3.17). Наведені об'єкти відрізняються лише площею, 163,1 га і 76 га, відповідно. Таким чином, можна бачити пряму залежність накопиченого деревостаном дубу вуглецю від площі насадження.

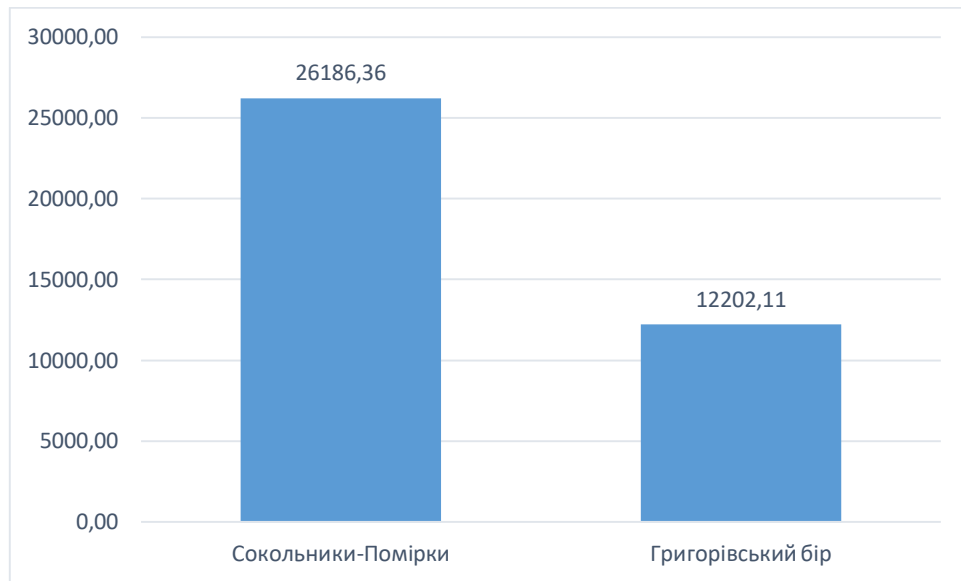


Рис. 3.17 – Кількість депонованого деревостаном дубу звичайного вуглецю

Деревостаном інших об'єктів, основною породою яких є клен, накопичено: 355,68 т Жасмінового бульвару, 153,24 т захисних насаджень на пр. Героїв Харкова (від АЗС «Rodnik» 1 ділянка), 56,37 т захисних насаджень на пр. Героїв Харкова (від АЗС «Rodnik» 2 ділянка), 38,16 т захисних насаджень на пр. Героїв Харкова (в р-н ст. м. О. Масельського), та 548,56 т вуглецю захисних насаджень на вул. Дружби Народів (рис. 3.18). Наведені об'єкти окрім площі також мають різну повноту насаджень та запас деревини на м³, які також впливають на кількість накопиченого деревостаном вуглецю. Але для цих об'єктів також прослідковується залежність депонованого деревостаном клену вуглецю від площі насадження.

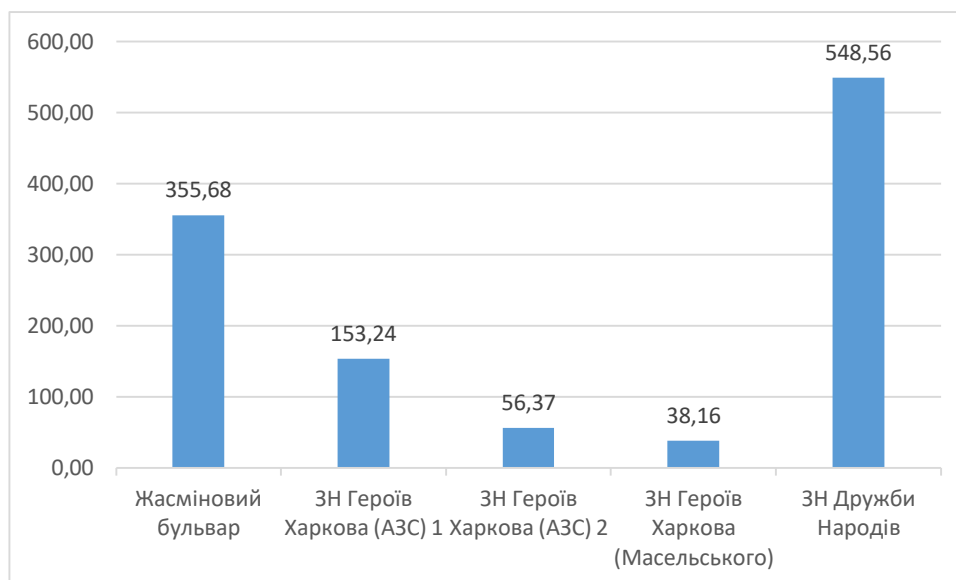


Рис. 3.18 – Кількість депонованого деревостаном клену вуглецю

Також проведено порівняння вуглецю, накопиченого живою фітомасою, підстилкою та ґрунтом, окремо для об'єктів породний склад яких включає дуб і окремо клен (рис. 3.19, рис. 3.20). Загалом прослідковується аналогічна тенденція, чим більша площа насадження, тим більше вуглецю депонується фітомасою, підстилкою та ґрунтом. Встановлено, що переважна частка вуглецю (63-83 %) депонується живою фітомасою, а підстилкою накопичується лише 1-7 % від всієї кількості вуглецю. Вся інша частина вуглецю депонується в ґрунті насаджень зелених об'єктів.

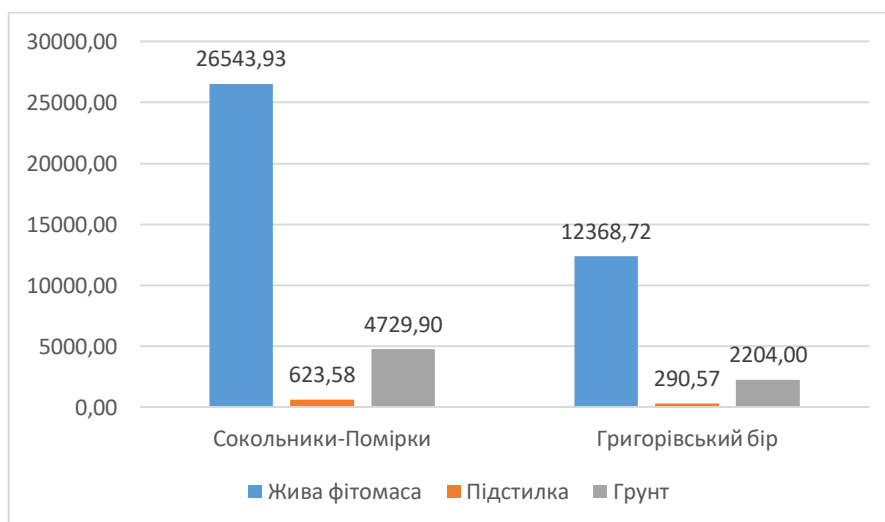


Рис. 3.19 – Загальний запас вуглецю дубовими насадженнями

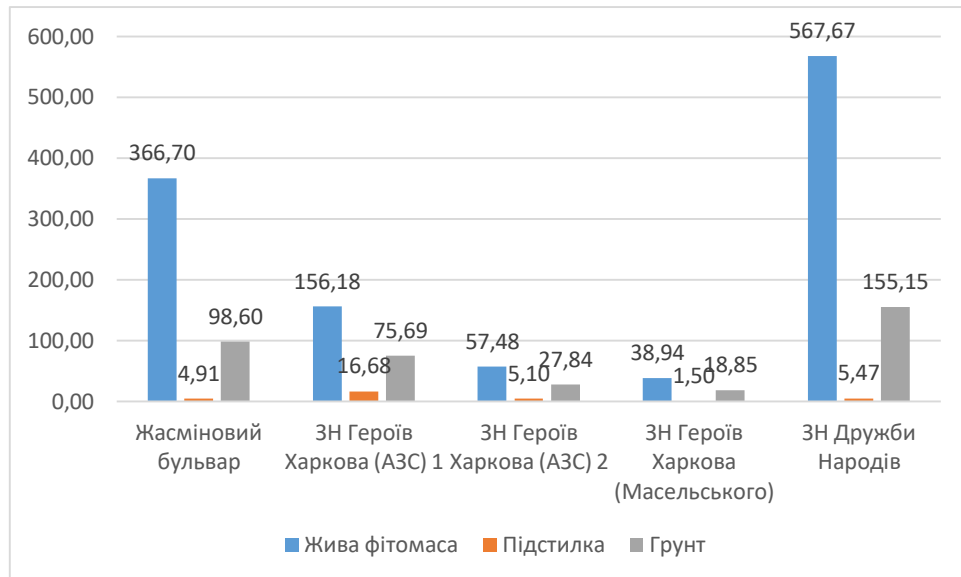


Рис. 3.20 – Загальний запас вуглецю, депонованого кленовими насадженнями

На рис. 3.21 можна бачити загальний вміст органічного вуглецю, накопичений досліджуваними об'єктами зеленої інфраструктури (рис. 3.21). Регіональний ландшафтний парк «Сокольники-Помірки» і лісовий заказник «Григорівський бір» вирізняються з-поміж всіх об'єктів. Це пояснюється значною різницею площ досліджуваних об'єктів (в 30-250 разів більше), через це кількість накопиченого вуглецю також в 40-500 разів більша на об'єктах природно-заповідного фонду, в порівнянні з захисними насадженнями.

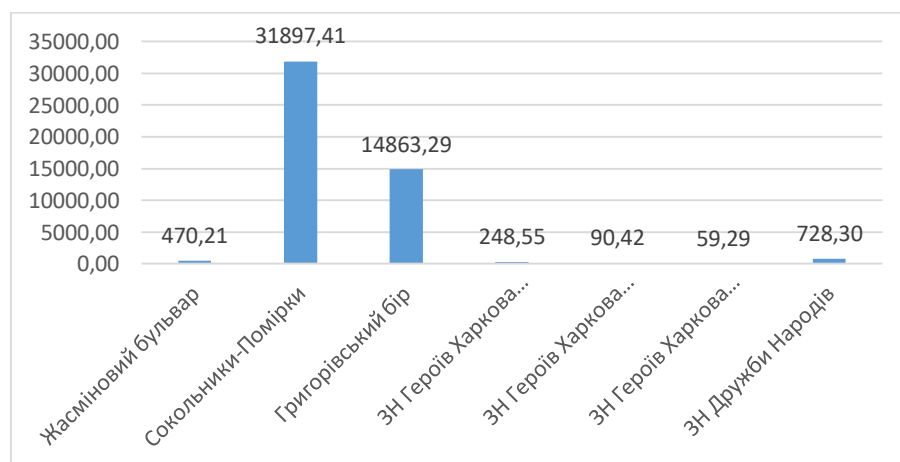


Рис. 3.21 – Загальний запас накопиченого вуглецю по досліджуваним об'єктам

Таким чином, загальна площа досліджуваних об'єктів складає 252,1 га. Деревостан на цій площі депонував 39540,48 т органічного вуглецю, що становить 107,61 т вуглецю на 1 га; всього живою фітомасою накопичено 40099,61 т вуглецю, або 109,87 т/га. Підстилкою всього накопичено 947,83 т вуглецю, а ґрунтом – 7310,03 т органічного вуглецю. Загальний запас органічного вуглецю, депонованого досліджуваними об'єктами, становить 48357,47 т, в перерахунку на 1 га це значення складає 191,84 т органічного вуглецю на 1 га зелених насаджень (рис. 3.22).

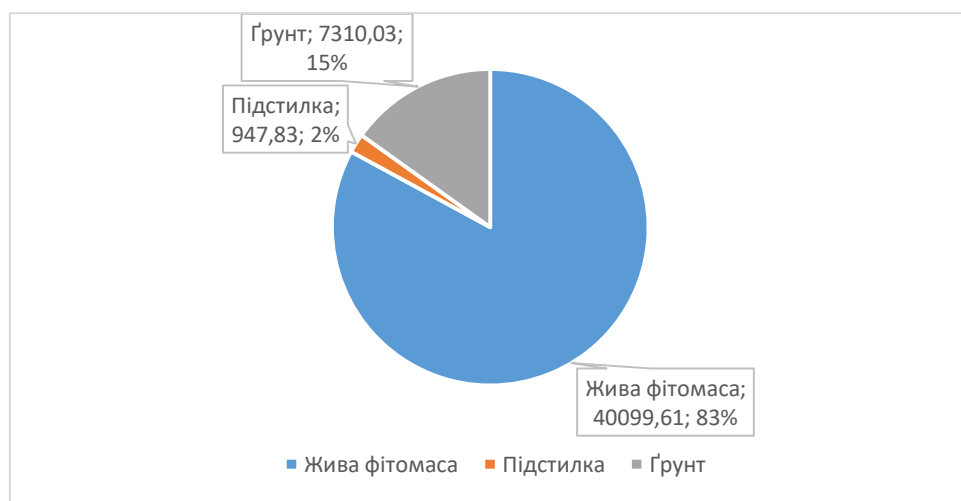


Рис. 3.22 – Загальна кількість вуглецю, депонована всіма об'єктами

РОЗДІЛ 4

РЕКОМЕНДАЦІЇ В СФЕРІ ВУГЛЕЦЕВОЇ ЄМНОСТІ МІСТА ХАРКІВ

1. Методика, за якою проводилися розрахунки, може бути використана для розрахунку вуглецевої ємності зеленої інфраструктури інших міст України. В разі цього можна буде надавати конкретні рекомендації по збільшенню зелених насаджень для кожного міста окремо, і для країни в цілому.

2. Рекомендується провести розрахунок вуглецевої ємності всіх об'єктів зеленої інфраструктури міста Харків. Це дослідження покаже точну кількість накопиченого рослинами всього міста вуглецю, і покаже чи поглинають рослини весь вуглець, який викидається стаціонарними та пересувними джерелами забруднення в місті Харків.

3. Встановлено, що чим більшу площу мають зелені насадження, тим більше вуглецю в них накопичується. Таким чином, рекомендується збільшувати кількість об'єктів зеленої інфраструктури по всьому місту, а також збільшувати площу вже наявних об'єктів, якщо це можливо. В першу чергу, потрібно створювати захисні насадження вздовж доріг та для розділу смуг руху; а також парки, сквери або бульвари в промислових районах міста Харків, тому що такі місця мають найбільшу частку вуглецю в атмосферному повітрі.

4. Встановлено, що насадження дубу звичайного накопичують більшу кількість вуглецю ніж насадження клену. Таким чином, при виборі головної породи об'єкту зеленої інфраструктури, можна рекомендувати дуб звичайний.

5. Виявлено, що найбільша частка вуглецю депонується в живій фітомасі рослин, а саме в стовбурі. Таким чином, рекомендується здійснювати ретельний догляд за станом насаджень зеленої інфраструктури міста: підтримувати їх здоровий стан, уникати хвороб та шкідників.

6. У зв'язку з тим, що підстилка та ґрунт зелених насаджень також депонують вуглець, рекомендується підтримувати їх належний стан в об'єктах зеленої інфраструктури міста.

7. Рекомендується збільшувати загальну площу зелених насаджень не лише в місті Харків, а й по всій країні з економічної точки зору. Відповідно до Кіотського протоколу, накопичений в насадженнях вуглець є товаром; 1 т секвестрованого вуглецю коштує 15\$.

ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що вуглецева ємність екосистеми – є важливою екосистемною послугою, значення якої здатне не лише впливати на зміни стану навколишнього середовища, а й приносити прибуток в певних випадках.

2. Провівши польове дослідження на деяких об'єктах зеленої інфраструктури міста Харків, було створено базу даних для розрахунку депонованого вуглецю, в рослинах які ростуть на цих територіях.

3. Проаналізувавши отримані результати, було встановлено що найбільше вуглецю накопичується в живій фітомасі рослин (60-80 % від загальної кількості), а найменше – в підстилці (1-7 % від загального вмісту вуглецю), вся інша частка накопичується ґрунтом. В живій фітомасі дерев найбільше вуглецю накопичується в деревостані, а саме – в стовбурі рослин, а найменше – в листі рослин.

4. З'ясовано пряму залежність кількості депонованого вуглецю від площі зелених насаджень. Чим більшу площу має об'єкт зеленої інфраструктури, тим більше вуглецю буде накопичено живою фітомасою, ґрунтом та підстилкою рослин.

5. Під час проведення дослідження встановлено, що на об'єктах зеленої інфраструктури, головною породою яких є дуб, було накопичено більше вуглецю, ніж на об'єктах, основною породою яких є клен.

6. На досліджуваних об'єктах було встановлено масу депонованого рослинами вуглецю: 470,21 т для Жасмінового бульвару, 31897,41 т для РЛП «Сокольники-Помірки», 14863,29 т для Григорівського бору, 338,97 т для захисних насаджень на пр. Героїв Харкова (від АЗС «Rodnik» до вул. Миру), 59,29 т вуглецю для захисних насаджень пр. Героїв Харкова в р-н м. О. Масельського і 728,3 т вуглецю для захисних насаджень на вул. Дружби Народів.

7. Визначено, що загальна маса органічного вуглецю, депонованого рослинами шести досліджуваних об'єктів, загальною площею 252,1 га, становить 48357,47 т вуглецю, або 191,84 т/га органічного вуглецю.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Josep G. Canadell, Corinne Le Quere, Michael R. Raupach, Christopher B. Field, Erik T. Buitenhuis, Philippe Ciais, Thomas J. Conway, Nathan P. Gillett, R. A. Houghton, and Gregg Marland. Contributions to accelerating atmospheric CO₂ growth from economic activity, carbon intensity, and efficiency of natural sinks. *The Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2007. Vol. 104, No. 47. P. 18866-18870.
2. Moise I., Moise V. Algorithm for carbon capacity storage of the forest species according to soil characteristics and standing age. *Journal of Environmental Protection and Ecology*. 2013. Vol. 14, No. 4. P. 1651-1660.
3. Лакида П. І., Сахарук Г. А. Динаміка біопродуктивності лісів Шацького національного природного парку. *Лісове і садово-паркове господарство*. 2012. №1.
4. Рожак В. П. Пули і потоки вуглецю в лісових екосистемах Стрийсько-Сянської Верховини (Українські Карпати). *Біологія та валеологія*. 2014. Вип. 16. С. 85-95.
5. Ковалевський С. С. Вплив деревостанів Лісостепової Придніпровської височини на баланс вуглецю міста Біла Церква. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2015. Вип. 25, №10. С. 60-64.
6. Василишин Р. Д. Фітомаса та депонований вуглець лісів Львівської області в контексті лісорослинного районування. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2008. Вип. 18, №3. С. 50-58.
7. Шпаківська І. М., Марискевич О. Г. Оцінка запасів органічного вуглецю в лісових екосистемах Східних Бескидів. *Лісівництво і агролісомеліорація*. 2009. Вип. 115. С. 176-180.
8. Чернявська Х. І., Шпаківська І. М. Запас карбону в лісовій підстилці на території Сколівських Бескидів (Українські Карпати). *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2022. Вип. 37. С. 82-90.

9. Шпаківська І. М. Баланс вуглецю у лісових екосистемах Українських Карпат. *Наукові основи збереження біотичної різноманітності* : матеріали дев'ятої наукової конференції молодих учених (Львів, 1-2 жовтня 2009 р). Львів, 2009. С. 46-52.
10. Пастернак В. П., Букша І. Ф. Інвентаризація парникових газів у лісовому господарстві України та шляхи її покращення. *Вісник Харківського національного університету ім. В. В. Докучаєва*. 2006. №6. С. 203-207.
11. Лакида П. І. Фітомаса лісів України : монографія. Тернопіль : Збруч, 2002. 256 с.
12. Олійник В. С. Лісознавство : курс лекцій. Івано-Франківськ : Симфонія форте, 2011. 264 с.
13. Білоус А. М., Кашпор С. М., Миронюк В. В. Лісотаксаційний довідник : довідник. Дніпро : Ліра, 2020. 360 с.
14. Про затвердження Правил утримання зелених насаджень у населених пунктах України : Наказ міністерства будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України від 10 квітня 2006 р. № 105. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0880-06#Text> (дата звернення 15.11.2022).