

DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2022-38-07>

УДК (UDC): 504.(502.33)

**Н. В. МАКСИМЕНКО**<sup>1</sup>, д-р геогр. наук, проф.,  
завідувачка кафедри екологічного моніторингу та заповідної справи  
e-mail: [maksymenko@karazin.ua](mailto:maksymenko@karazin.ua) ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-7921-9990>

**С. В. БУРЧЕНКО**<sup>1</sup>,  
інженер кафедри екологічного моніторингу та заповідної справи  
e-mail: [sveta.burchenko@gmail.com](mailto:sveta.burchenko@gmail.com) ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5366-5397>

**І. М. ШПАКІВСЬКА**, канд. біол. наук, старш. наук. співроб.,  
завідувач відділу екосистемології  
e-mail: [ishpakivska@ukr.net](mailto:ishpakivska@ukr.net) ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5152-6083>

*Інститут екології Карпат Національної академії наук України,*  
вул. Козельницька 4, Львів, 79026, Україна

**А. С. КРОТЬКО**<sup>1</sup>,  
магістр кафедри екологічного моніторингу та заповідної справи  
e-mail: [krotko1999@gmail.com](mailto:krotko1999@gmail.com)

<sup>1</sup>*Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна*  
*майдан Свободи, 6, Харків, 61022, Україна*

### **ОЦІНКА ВУГЛЕЦЕВОЇ ЄМНОСТІ МОНОПОРОДНИХ ДЕРЕВОСТАНІВ – ЕЛЕМЕНТІВ ЗЕЛЕНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ М. ХАРКІВ**

Значення вуглецевої ємності елементів зеленої інфраструктури дозволяє дізнатися кількість накопиченого вуглецю в рослинах, протягом всього їх життя, і, як наслідок, встановити забезпеченість міста зеленими насадженнями.

**Мета.** Дослідити вуглецеву ємність зеленої інфраструктури міста Харків.

**Методи.** Статистичні, методи моделювання, методи вимірювання та порівняння.

**Результати.** Досліджено шість об'єктів монопородних деревостанів зеленої інфраструктури м. Харків: лінійні захисні насадження, озеленені бульвари, де основним видом є клен гостролистий (*Acer platanoides*) та на території об'єктів природного-заповідного фонду – регіональному ландшафтному парку та лісовому заказнику, де основним видом є дуб черешчатий (*Quercus robur*). Визначено, що в живій фітомасі рослин накопичується близько 60-80 % вуглецю від загальної кількості, підстилка депоує від 1 до 7 % вуглецю, а вся інша частка накопичується в ґрунті. В живій фітомасі найбільша частка вуглецю накопичується в стовбурі рослини, а найменша його кількість – в листі. Існує пряма залежність кількості депонованого вуглецю від площі зелених насаджень, яка збільшується разом зі збільшенням площі об'єкту. Загальна маса депонованого вуглецю на шести досліджуваних об'єктах, загальною площею 252,1 га, складає 48357,47 т, або 191,84 т/га.

**Висновки.** Встановлено пряму залежність між площею насаджень об'єктів зеленої інфраструктури та кількістю органічного вуглецю, яка в них депонована. Найбільше вуглецю накопичується в живій фітомасі рослин, а саме – в стовбурі рослин, а найменше – в листі рослин. Дубові насадження депонують в собі більшу кількість вуглецю, ніж кленові насадження.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** вуглець, депонування вуглецю, вуглецева ємність, жива фітомаса, підстилка, ґрунт

**Як цитувати:** Максименко Н. В., Бурченко С. В., Шпаківська І. М., Кротко А. С. Оцінка вуглецевої ємності монопородних деревостанів – елементів зеленої інфраструктури м. Харків. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2022. Вип. 38. С. 73-84. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2022-38-07>

**In cites:** Maksymenko, N. V., Burchenko, S. V., Shpakivska, I. M., & Krotko, A. S. (2022). Evaluation of the carbon capacity of single breed wood stands – elements of the green infrastructure of Kharkiv. *Man and Environment. Issues of Neoeology*, (38), 73-84. <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2022-38-07> (in Ukrainian)

© Максименко Н. В., Бурченко С. В., Шпаківська І. М., Кротко А. С., 2022



This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0.

### Вступ

Людство глибоко турбує збільшення вмісту вуглекислого газу в атмосфері та його прямий вплив на зміну клімату. Щороку відбуваються різноманітні конференції, метою яких є досягти порозуміння в сфері зменшення викидів вуглецю в навколишнє середовище. Визначення вуглецевої ємності об'єктів зеленої інфраструктури дозволяє дізнатися кількість накопиченого протягом всього їх життя вуглецю в живій та мертвій фітомасі, та в ґрунті. Вуглець в рослинах здатен зв'язуватися та утримуватися тривалий час, і збільшуючи площі зелених насаджень міста, можна зменшити кількість вуглекислого газу в його атмосфері. Для урбо-екосистем знати вуглецеву ємність території важливо ще й з таких причин як збільшення комфортності проживання мешканців міста, забезпечення чистоти повітря, поглинання викидів вуглекислого газу від стаціонарних та пересувних джерел забруднення. Іншою 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 лісгосподарських заходів. У 2015 році Кіотський протокол замінила Паризька угода, згідно з якою розвинені країни можуть надавати країнам, що розвиваються певні вигоди, в тому числі і фінансові, для адаптації до змін клімату та зменшення викидів парникових газів.

**Постановка проблеми.** Серед світових публікацій головне місце в сфері вуглецевої ємності займає колективна робота 10 авторів з Австралії, Великої Британії, Франції, Австрії та США «Contributions to accelerating atmospheric CO<sub>2</sub> 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. 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 було з'ясовано, що вуглецева ємність океану досягла межі

депонування надмірних кількостей вуглекислого газу, тобто накопичення CO<sub>2</sub> 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 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. 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 є стаття П. І. Лакіди 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 депонуванняльної здатності вуглецю, за допомогою якої можна визначити вуглецеву ємність даної екосистеми. Авторі охопили великий часовий проміжок з 1987 по 2002 роки. Авторі змогли встановити обсяг кисню, який за 1 рік продукує досліджувана територія. Вони 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. Рожак В. П. розрахував об'єм вуглецю в фітомасі надгрунтової частини рослин, фітомасі підземної частини рослин, надземної та підземної частинах фітодетриту, а також об'єм вуглецю в ґрунті. На основі отриманих даних автор також встановив інтенсивність акумулювання вуглецю в чистій продукції. Було встановлено, 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 поллютанти 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].

В роботі 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 ок-

ремо кожний компонент фітомаси та її щільність, і 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, підстилки 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 вагомe 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 запасів органічного вуглецю [7].

Метою статті «Запас карбону в лісовій підстилки на території Сколівських Бескидів (Українські Карпати)» за авторством Х. І. Чернявської та І. М. Шпаківської було дослідження запасів вуглецю, який міститься в лісовій підстилки Сколівських Бескидів [8]. Автори обрали вісім трансект на досліджуваній території, і для них розрахували запас органічного вуглецю в лісовій підстилки та ґрунті за допомогою польових, лабораторних та математичних методів. Також автори виявили кореляційну залежність вмісту органічного вуглецю в лісовій підстилки 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].

У роботі І. М. Шпаківської «Баланс вуглецю у лісових екосистемах Українських

Карпат» на меті оцінити баланс вуглецю для найпоширеніших лісових екосистем Карпат [9], де досліджено природні та штучні смеркові і букові ліси. За допомогою прямих спостережень, математичних моделей, інверсного програмування та моніторингових досліджень 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. Також встановлено, що вуглецева ємність досліджуваної території в 12-18 разів перевищує викиди від стаціонарних та пересувних джерел забруднення за 2007 рік [9].

#### *Методика дослідження*

Дослідження проводилося за методикою В. П. Пастернака та І. Ф. Букші «Інвентаризація парникових газів у лісовому господарстві України та шляхи її покращення» [13], в основі якої лежать методи оцінки екосистемних послуг, за П. І. Лакиди [14]. Розрахунок вуглецевої ємності проводився в програмі Microsoft Excel, де було створено базу даних зі всіма вихідними даними: площею насаджень, площею насаджень по групах, породним складом, поновленням деревини, індексом породного складу, віком насаджень, бонітетом, кодуванням бонітету (1 і 2), кодуванням бонітету (3 і 4), типом лісорослинних умов, коефіцієнтом типу лісорослинних умов, повнотою деревостану, запа-

Дослідження теоретичних основ зеленої інфраструктури проводились у наших попередніх роботах [10-12]. У роботі [10] досліджувався досвід використання концепції зеленої інфраструктури у різних країнах світу. Також проведено дослідження виконання об'єктами зеленої інфраструктури окремих функцій, які забезпечують сталі функціонування урбосистеми міста, а саме: вплив на якість поверхневого стоку [11], зменшення рівня шуму [12].

**Метою** дослідження є визначення вуглецевої ємності об'єктів зеленої інфраструктури міста Харків.

сом деревини на 1 м<sup>3</sup>, сухостоєм (м<sup>3</sup>/га) та захараченістю (м<sup>3</sup>). Вихідні дані було зібрано та опрацьовано відповідно до лісотаксаційних показників [15-16]. Було розраховано параметри: 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 сухості (крона), в сухості (стовбур), в сухості (коріння), загальний в сухості, захараченість, загальний запас вуглецю у відмерлій фітомасі), запас вуглецю в підстильці, запас вуглецю в ґрунті, загальний запас органічного вуглецю, запас органічного вуглецю на 1 гектар.

#### *Результати дослідження*

Для проведення дослідження обрано шість об'єктів зеленої інфраструктури міста Харків, які являють собою монопородні деревостани: Жасміновий бульвар, захисні насадження на пр. Героїв Харкова (від АЗС «Rodnik» вздовж вул. Миру), захисні насадження на пр. Героїв Харкова (р-н ст. м. ім. О. М. Масельського), захисні насадження на вул. Дружби Народів – кленові насадження; регіональний ландшафтний парк «Сокольники-Помірки», лісовий заказник «Григорівський бір» – дубові насадження. Догляд за цими насадженнями проводиться згідно з правил [17].

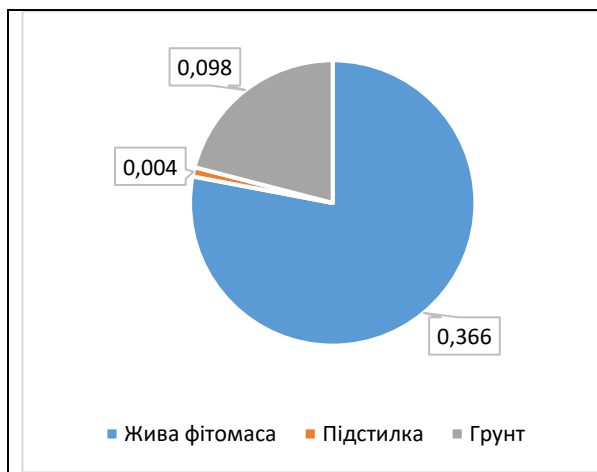
Для Жасмінового бульвару, площею 3,4 га, запас вуглецю в листі становить 0,01 т, в гілках - 0,11 т, у стовбурі – 0,59 т, в корінні – 0,33 т, в деревостані накопичено 355,68 т вуглецю, запас вуглецю на 1 га складає 104,61

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 підстильці 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. 1).

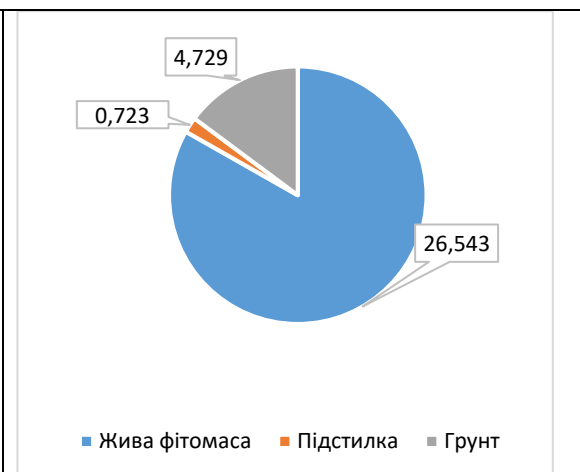
Площа досліджуваної території регіонального ландшафтного парку «Сокольники-Помірки» становить 163,1 га. Запас вуглецю в живій фітомасі становить: 0,01 т вуглецю в листі, 0,12 т в гілках, 0,59 т в стовбурі, 0,08 т в корінні, 26186,36 т в деревостані, 160,55 т/га вуглецю в живій фітомасі; 1,96 т вуглецю в підрісті та 160,22 т в підліску, 2,69 т і 197,34

т в надгрунтовому 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. 2).

Обсяг депонованого в живій фітомасі лісового заказника «Григорівський бір», 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 підрослі та 74,66 т вуглецю в підліску, 2,69 т і 91,96 т органічного вуглецю в надгрунтовому покриві; разом маса вуглецю,



**Рис. 1** – Загальний запас вуглецю, накопиченого рослинами Жасмінового бульвару, тис. т  
**Fig. 1** – The total stock of carbon accumulated by the plants of Jasminovyi Boulevard, thousand tons



**Рис. 2** – Загальний запас вуглецю, накопиченого рослинами РЛП «Сокольники-Помірки», тис. т  
**Fig. 2** – The total stock of carbon accumulated by the plants of Regional Landscape Park “Sokolnyky-Pomirky”, thousand tons

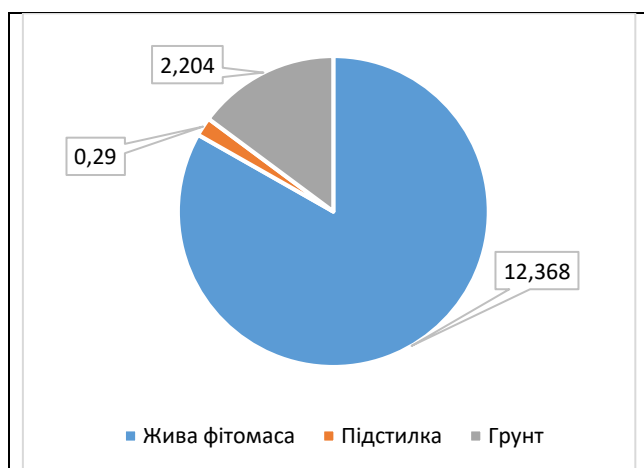
депонованого в живій фітомасі, становить 12368,72 т, в перерахунку на 1 га – 162,75 т/га. Загальна маса вуглецю в підстилці складає 290,57 т, а в ґрунті – 2204 т вуглецю. Загальний запас органічного вуглецю, накопичений в рослинах Григорівського бору, становить 14863,29 т, або 195,57 т вуглецю на 1 га досліджуваного об’єкта (рис. 3).

Загальна площа захисних насаджень вздовж пр. Героїв Харкова (від АЗС «Rodnik» до вул. Миру) становить 3,6 га, але її поділено на дві ділянки: 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 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 другій – 56,37 т, в перерахунку на 1 га запас вуглецю становить 58,71 т/га в обох випадках.

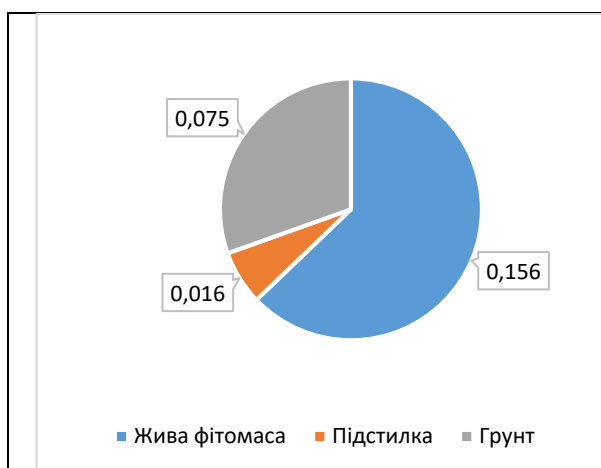
В підрослі першої ділянки накопичено 1,35 т, а другій – 1,41 т вуглецю; підлісок депонував 1,76 т та 0,68 т вуглецю відповідно;

в надгрунтовому 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. 4, рис. 5).



**Рис. 3** – Загальний вміст вуглецю, накопиченого рослинами Григорівського бору, тис. т  
**Fig. 3** – The total stock of carbon accumulated by the plants of Hryhorivskyi forest, thousand tons



**Рис. 4** – Загальний запас вуглецю, накопиченого рослинами на пр. Героїв Харкова (від АЗС «Rodnik», 1 ділянка), тис. т  
**Fig. 4** – The total stock of carbon accumulated by the plants of the protective plantations on Heroiv Kharkova Ave. (from the “Rodnik” gas station, 1 plot), thousand tons



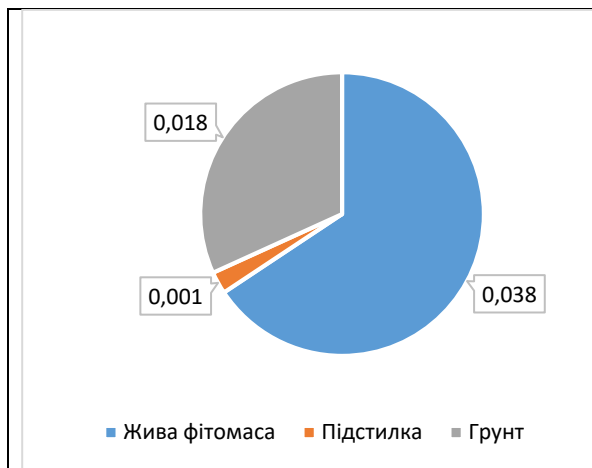
**Рис. 5** – Загальний запас вуглецю, накопиченого рослинами на пр. Героїв Харкова (від АЗС «Rodnik», 2 ділянка), тис. т  
**Fig. 5** – The total stock of carbon accumulated by the plants of the protective plantations on Heroiv Kharkova Ave. (from the “Rodnik” gas station, 2 plot), thousand tons

Площа захисних насаджень на пр. Героїв Харкова (р-н ст. м. О. Масельського) має 0,65 га. Живою фітомасою даного об'єкту 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, які ростуть на проспекті Героїв Харкова в районі станції метро О. Масельського становить 59,29 т, в перерахунку на 1 га складає 91,22 т/га вуглецю (рис. 6).

Маса секвестрованого вуглецю захисними насадженнями вул. Дружби Народів, 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 в під-

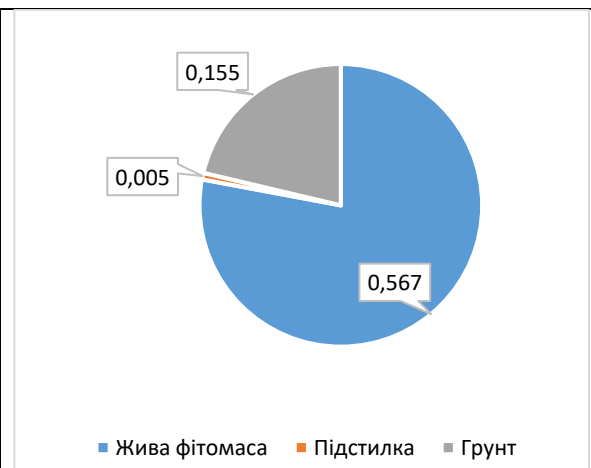
рості та підліску відповідно, 5,16 т і 12,43 т в надґрунтовому покриві; 567,67 т вуглецю всього накопичено живою фітомасою, це становить 106,11 т вуглецю на 1 га захисних насаджень. Підстилкою всього депоновано 5,47 т вуглецю, а ґрунтом – 155,15 т.



**Рис. 6** – Загальний запас вуглецю, накопиченого рослинами на пр. Героїв Харкова (в р-н ст. м. ім. О. М. Масельського), тис. т  
**Fig. 6** – The total stock of carbon accumulated by the plants of the protective plantations on Heroiv Kharkova Ave. (near to the metro station named after O. M. Maselskoho), thousand tons

Загальний запас органічного вуглецю, накопичений захисними насадженнями на вул. Дружбі народів становить 728,3 т, або 136,13 т/га органічного вуглецю (рис. 7).

Встановлено, що деревостаном дубу звичайного депоновано 26186,36 т вуглецю і



**Рис. 7** – Загальний вміст вуглецю, накопиченого рослинами вздовж вул. Дружби Народів, тис. т

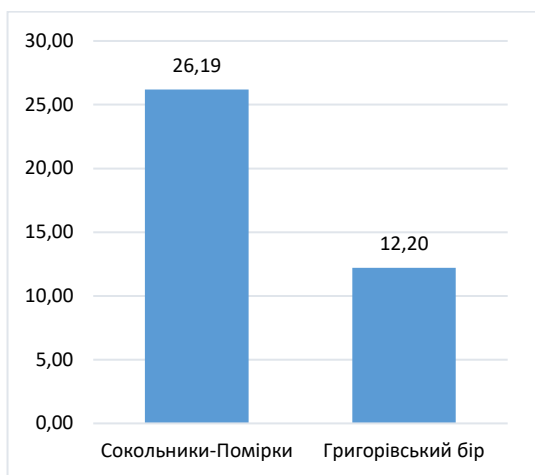
**Fig. 7** – The total amount of carbon accumulated by plants along the street Dryzhyby Narodiv, thousand tons

12202,11 т вуглецю в Сокольниках-Помірках та Григорівському бору, відповідно (рис. 8). 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.

Деревостаном інших об'єктів, основною породою яких є клен, накопичено: 355,68 т Жасминового 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. ім. О. М. Масельського), та 548,56 т вуглецю захисних насаджень на вул. Дружби Народів (рис. 9). Наведені об'єкти окрім площі також мають різну повноту насаджень та запас деревини на м<sup>3</sup>, які також впливають на кількість накопиченого деревостаном вуглецю. Для цих об'єктів також прослідковується залежність депонованого деревостаном клену вуглецю від площі насадження.

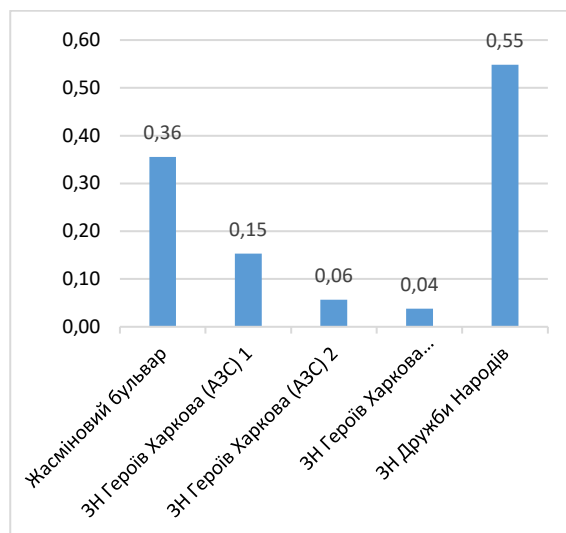
Проведено порівняння вуглецю, накопиченого живою фітомасою, підстилкою та ґрунтом, окремо для об'єктів породний склад яких включає дуб і окремо клен (рис. 10, рис. 11). Загалом прослідковується аналогічна тенденція, чим більша площа насадження, тим більше вуглецю депонується фітомасою, підстилкою та 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.

Загальний вміст органічного вуглецю, накопичений досліджуваними об'єктами зеленої інфраструктури становить: 470,21 т Жасминовим бульваром, 31897,41 т РЛП «Сокольники-Помірки», 14863,29 т Григорівським бором, 248,55 т та 90,42 т захисними насадженнями на пр. Героїв Харкова (від АЗС «Rodnik» до вул. Миру), 59,29 т захисними насадженнями на пр. Героїв Харкова (в р-н ст. м. ім. О. М. Масельського), 728,3 т захисними насадженнями на вул. Дружби Народів.



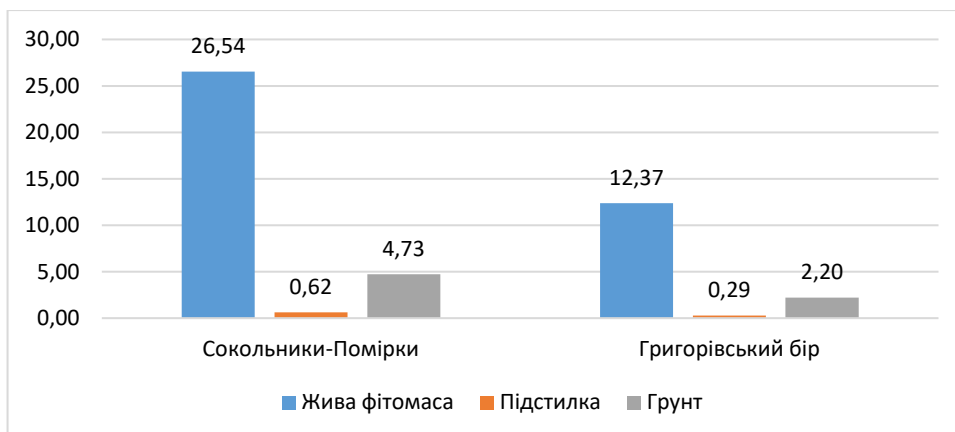
**Рис. 8** – Кількість депонованого деревостаном дубу звичайного вуглецю, тис. т

**Fig. 8** – The amount of carbon deposited by an oak wood stand, thousand tons



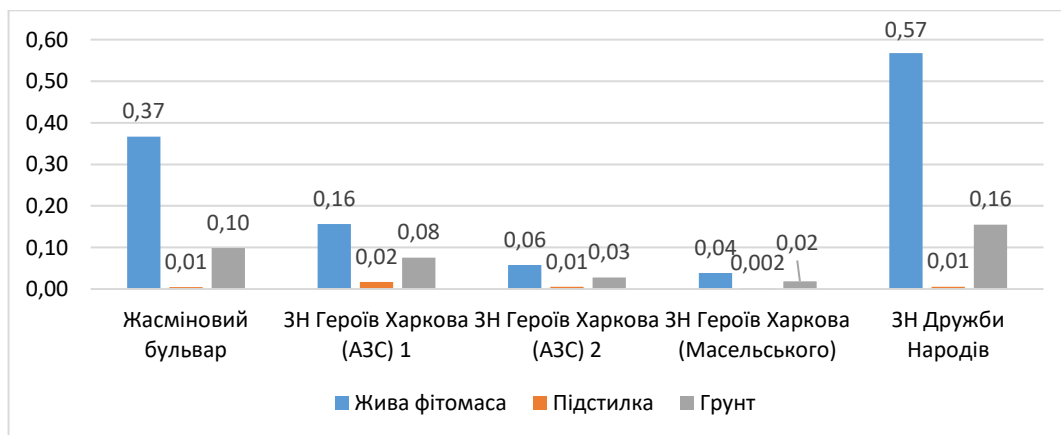
**Рис. 9** – Кількість депонованого деревостаном клену вуглецю, тис. т

**Fig. 9** – The amount of carbon deposited by a maple wood stand, thousand tons



**Рис. 10** – Загальний запас вуглецю депонованого дубовими насадженнями, тис. т

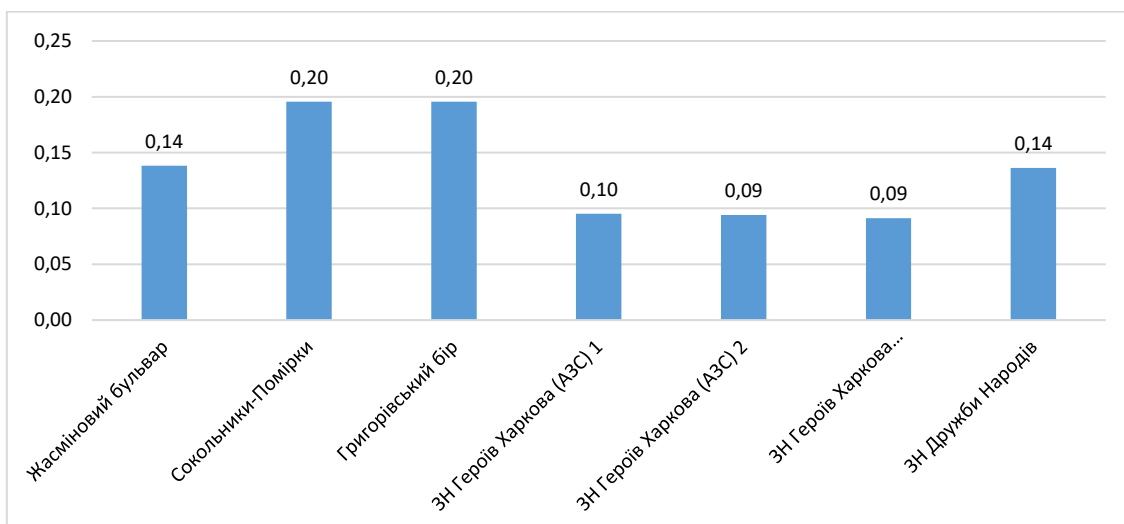
**Fig. 10** – The total carbon stock deposited by oak plantations, thousand tons



**Рис. 11** – Загальний запас вуглецю, депонованого кленовими насадженнями, тис. т

**Fig. 11** – Total stock of carbon deposited by maple plantations, thousand tons





**Рис. 12** – Співвідношення депонованого вуглецю на 1 га зелених насаджень, тис. т  
**Fig. 12** – Correlation of deposited carbon per 1 ha of green areas, thousand tons

На рисунку 12 наведено кількість накопиченого досліджуваними об'єктами інфраструктури вуглецю, у співвідношенні на 1 га зелених насаджень. 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 в 40-500 разів більша на об'єктах природно-заповідного фонду, порівнюючи з захисними насадженнями.

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. 13).



**Рис. 13** – Загальна кількість вуглецю, депонована всіма об'єктами, тис. т  
**Fig. 13** – The total amount of carbon deposited by all objects, thousand tons

### Висновки

Встановлено що найбільше вуглецю накопичується в живій фітомасі рослин (60-80 %), а найменше – в підстилці (1-7 %), вся інша частка накопичується ґрунтом.

В живій фітомасі дерев найбільше вуглецю накопичується в деревостані, а саме – в стовбурі рослин, а найменше – в листі рослин.

З'ясовано пряму залежність кількості депонованого вуглецю від площі зелених на-

саджень. Чим більшу площу має об'єкт зеленої інфраструктури, тим більше вуглецю буде накопичено живою фітомасою, ґрунтом та підстилкою рослин.

На об'єктах зеленої інфраструктури, головною породою яких є дуб, накопичено більше вуглецю, ніж на об'єктах, основною породою яких є клен.

### Конфлікт інтересів

Автори заявляють, що конфлікту інтересів щодо публікації цього рукопису немає. Крім того, автори повністю дотримувались етичних норм, включаючи плагіат, фальсифікацію даних та подвійну публікацію.

### Список використаної літератури

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 CO<sub>2</sub> growth from economic activity, carbon intensity, and efficiency of natural sinks. *The Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2007. Vol. 104. № 47. P. 18866-18870. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.0702737104>
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, № 4. P. 1651-1660. URL: [https://www.researchgate.net/publication/289860402\\_Algorithm\\_for\\_carbon\\_capacity\\_storage\\_of\\_the\\_forest\\_species\\_according\\_to\\_soil\\_characteristics\\_and\\_stands\\_age](https://www.researchgate.net/publication/289860402_Algorithm_for_carbon_capacity_storage_of_the_forest_species_according_to_soil_characteristics_and_stands_age)
3. Лакида П. І., Сахарук Г. А. Динаміка біопродуктивності лісів Шацького національного природного парку. *Лісове і садово-паркове господарство*. 2012. №1. URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Lis/article/viewFile/9632/8615>
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. URL: <https://oaji.net/articles/2014/1032-1418125627.pdf>
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. DOI: <https://doi.org/10.15421/40251008>
6. Василюшин Р. Д. Фітомаса та депонований вуглець лісів Львівської області в контексті лісорослинного районування. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2008. Вип. 18, №3. С. 50-58. URL: [https://www.researchgate.net/publication/330854122\\_FITOMASA\\_TA\\_DEPONO-VANIJ\\_VUGLEC\\_LISIV\\_LVIVSKOI\\_OBLASTI\\_V\\_KONTEKSTI LISOROSLINNOGO RA-JONUVANNA](https://www.researchgate.net/publication/330854122_FITOMASA_TA_DEPONO-VANIJ_VUGLEC_LISIV_LVIVSKOI_OBLASTI_V_KONTEKSTI LISOROSLINNOGO RA-JONUVANNA)
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. URL: <http://dspace.nbu.gov.ua/handle/123456789/16438>
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. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2022-37-08>
9. Шпаківська І. М. Баланс вуглецю у лісових екосистемах Українських Карпат. *Наукові основи збереження біотичної різноманітності: матеріали дев'ятої наук. конф. молодих уч.*, Львів, 1-2 жовтня 2009 р. С. 46-52. URL: <http://www.ecoinst.org.ua/kmv-2009/od4.htm>
10. Максименко Н. В., Бурченко С. В. Теоретичні основи стратегії зеленої інфраструктури: міжнародний досвід. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2019. № 31. С. 16-25. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2019-31-02>
11. Максименко Н., Бурченко С., Уткіна К., Бугакова М. Вплив зеленої інфраструктури на якість поверхневого стоку (на прикладі зелених дахів у м. Харків). *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія «Геологія. Географія. Екологія»*. 2021. № 55. С. 274-284. DOI: <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2021-55-20>

12. N. Maksymenko, S. Sonko, H. Skryhan, S. Burchenko, A. Gladkiy. Green infrastructure of post-USSR cities for prevention of noise pollution . *Society of ambient intelligence 2021 - IV International Scientific Congress, Ukraine – Uzbekistan – Latvia, 2021*. DOI: <https://doi.org/10.1051/shsconf/202110005004>
13. 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.
14. Лакида П. І. Фітомаса лісів України: монографія. Тернопіль: Збруч, 2002. 256 с.
15. Олійник В. С. Лісознавство. Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2011. 264 с.
16. Білоус А. М., Кашпор С. М., Миронюк В. В. Лісотаксаційний довідник: довідник. Дніпро: Ліра, 2020. 360 с.
17. 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).

Стаття надійшла до редакції 04.11.2022

Стаття рекомендована до друку 25.11.2022

**N. V. MAKSYMENKO<sup>1</sup>**, DSc (Geography), Prof.,

Head of the Department of Environmental Monitoring and Protected Area

e-mail: [maksymenko@karazin.ua](mailto:maksymenko@karazin.ua) ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7921-9990>

**S. V. BURCHENKO<sup>1</sup>**,

Engineer of the Department of Environmental Monitoring and Protected Area

e-mail: [sveta.burchenko@gmail.com](mailto:sveta.burchenko@gmail.com) ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5366-5397>

**I. M. SHPAKIVSKA**, PhD (Biology), Senior Research Officer,

Head of the Division of Ecosystemology

e-mail: [ishpakivska@ukr.net](mailto:ishpakivska@ukr.net) ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5152-6083>

*Institute of the Ecology of the Carpathians of the National Academy of Sciences of Ukraine,*

4, Kozelnytska str., Lviv, 79026, Ukraine

**A. S. KROTKO<sup>1</sup>**,

Master of the Department of Environmental Monitoring and Protected Area

e-mail: [krotko1999@gmail.com](mailto:krotko1999@gmail.com)

<sup>1</sup>*V. N. Karazin Kharkiv National University,*

6, Svobody Sq., Kharkiv, 61022, Ukraine

## EVALUATION OF THE CARBON CAPACITY OF SINGLE BREED WOOD STANDS – ELEMENTS OF THE GREEN INFRASTRUCTURE OF KHARKIV

The value of the carbon capacity of the elements of the green infrastructure makes it possible to find out the amount of accumulated carbon in plants throughout their life, and, as a result, to establish the provision of the city with green spaces.

**Purpose.** To investigate the carbon capacity of the green infrastructure of the Kharkiv city.

**Methods.** Statistical, modeling methods, methods of measurement and comparison.

**Results.** Six objects of single-breed tree stands of the green infrastructure of the city of Kharkiv were studied: linear protective plantings, green boulevards, where the main species is maple (*Acer platanoides*) and on the territory of the objects of the nature reserve fund - a regional landscape park and a forest reserve, where the main the species is pedunculated oak (*Quercus robur*). It was determined that about 60-80% of the total amount of carbon accumulates in the living phytomass of plants, litter deposits from 1 to 7% of carbon, and the rest accumulates in the soil. In living phytomass, the largest share of carbon is accumulated in the trunk of the plant, and the smallest amount is in the leaves. There is a direct dependence of the amount of deposited carbon on the area of green spaces, which increases along with the increase in the area of the facility. The total mass of deposited carbon on six researched objects, with a total area of 252.1 ha, is 48357.47 t, or 191.84 t/ha.

**Conclusions.** A direct relationship between the area of green infrastructure objects and the amount of organic carbon deposited in them has been established. The most carbon accumulates in the living phytomass of plants, namely in the trunk of plants, and the least in the leaves of plants. Oak plantations store more carbon than maple plantations.

**KEY WORDS:** carbon, carbon deposition, carbon capacity, living phytomass, litter, soil

### References

1. Canadell, J. G., Le Coeur, C., Raupach, M. R., Field, C. B., Buitenhuis, E. T., Siais, P., Conway, T. J., Gillett, N. P., Houghton, R. A., & Marland, G. (2007). Contribution to the acceleration of CO<sub>2</sub> growth in the atmosphere from economic activity, carbon intensity and the effectiveness of natural sinks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104 (47), 18866-18870. <https://doi.org/10.1073/pnas.0702737104>
2. Moise, I., & Moise, V. (2013). Algorithm of storage of carbon capacity of forest species according to soil characteristics and age of standing. *Journal of environmental protection and ecology*, 14(4), 1651-1660. Retrieved from [https://www.researchgate.net/publication/289860402\\_Algorithm\\_for\\_carbon\\_capacity\\_storage\\_of\\_the\\_forest\\_species\\_according\\_to\\_soil\\_characteristics\\_and\\_stands\\_age](https://www.researchgate.net/publication/289860402_Algorithm_for_carbon_capacity_storage_of_the_forest_species_according_to_soil_characteristics_and_stands_age)
3. Lakyda, P. I., & Sakharuk, G. A. (2012). Dynamics of bioproductivity of forests of the Shatskyi National Nature Park. *Forestry and horticulture*, (1). Retrieved from <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Lis/article/view-File/9632/8615> (in Ukrainian)
4. Rozhak, V. (2014). Pools and flows of carbon in the forest ecosystems of Stryi-Syansk Verkhovyna (Ukrainian Carpathians). *Biology and valeology*, (16), 85-95. Retrieved from <https://oaji.net/articles/2014/1032-1418125627.pdf> (in Ukrainian)
5. Kovalevskiy, S. S. (2015). The influence of forest-steppe forests of the Dnieper Highlands on the carbon balance of the city of Bila Tserkva. *Scientific bulletin of NLTU of Ukraine*, 25(10), 60-64. <https://doi.org/10.15421/40251008> (in Ukrainian)
6. Vasylyshyn, R. D. (2008). Phytomas and deposited carbon of forests of Lviv region in the context of forest vegetation zoning. *Scientific bulletin of NLTU of Ukraine*, 18(3), 50-58. Retrieved from [https://www.researchgate.net/publication/330854122\\_FITOMASA\\_TA\\_DEPONO-VANIJ\\_VUGLEC\\_LISIV\\_LVIVSKOI\\_OBLASTI\\_V\\_KONTEKSTI\\_LISOROSLINNOGO\\_RA-JONUVANNA](https://www.researchgate.net/publication/330854122_FITOMASA_TA_DEPONO-VANIJ_VUGLEC_LISIV_LVIVSKOI_OBLASTI_V_KONTEKSTI_LISOROSLINNOGO_RA-JONUVANNA) (in Ukrainian)
7. Shpakivska, I. M., & Maryskevich, O. G. (2009). Assessment of organic carbon reserves in forest ecosystems of the Eastern Beskids. *Forestry and agroforestry*, (115), 176-180. Retrieved from <http://dspace.nbu.gov.ua/handle/123456789/16438> (in Ukrainian)
8. Chernyavska, K. I., & Shpakivska, I. M. (2022). Carbon reserves in the forest litter in the territory of the Skoliv Beskids (Ukrainian Carpathians). *Man and environment. Problems of neoecology*, (37), 82-90. <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2022-37-08> (in Ukrainian)
9. Shpakivska, I. M. Carbon balance in forest ecosystems of the Ukrainian Carpathians. (October 1-2). (2009). *Scientific basis of conservation of biotic diversity* (p. 46-52). Retrieved from <http://www.ecoinst.org.ua/kmy-2009/od4.htm> (in Ukrainian)
10. Maksymenko, N., & Burchenko, S. (2019). Theoretical Basis of the Green Infrastructure Strategy: International Experience. *Man and Environment. Issues of Neoecology*, (31), 16-25. <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2019-31-02> (in Ukrainian)
11. Maksymenko, N., Burchenko, S., Utkina, K., & Buhakova, M. (2021). Influence of green infrastructure objects for quality of surface runoff (on the example of green roofs in Kharkiv). *Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University, series Geology. Geography. Ecology*, (55), 274-284. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2021-55-20> (in Ukrainian)
12. Maksymenko, N., Sonko, S., Skryhan, H., Burchenko, S., & Gladkiy, A. (2021). Green Infrastructure of Post-USSR Cities for Prevention of Noise Pollution. *Society of ambient intelligence 2021 - IV International Scientific Congress*. <https://doi.org/10.1051/shsconf/202110005004>.
13. Pasternak, V., & Buksha, I. (2006). Inventory of greenhouse gases in forestry of Ukraine and ways of its improvement. *Bulletin of Kharkiv National University named after V. V. Dokuchaev*, (6), 203-207. (in Ukrainian)
14. Lakyda, P. I. (2002). Phytophytes of the forests of Ukraine. Zbruch. (in Ukrainian)
15. Oliynyk, V. S. (2010). Forestry: a course of lectures. Symphony Forte. (in Ukrainian)
16. Bilous, A. M., Kashpor, S. M., & Myronyuk, V. V. (2020). Forest taxation guide. Lira. (in Ukrainian)
17. On the approval of the Rules for the maintenance of green spaces in populated areas of Ukraine, Order of the Ministry of Construction, Architecture and Housing and Communal Affairs of Ukraine № 105 (2006). Retrieved November 15, 2022 from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0880-06#Text> (in Ukrainian)

The article was received by the editors 04.11.2022

The article is recommended for printing 25.11.2022