

DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2022-37-08>

УДК (UDC) 631.417:631.433.83

Х. І. ЧЕРНЯВСЬКА¹,

провідний інженер відділу екосистемології

e-mail: khrystyna.88@i.ua ORSID ID: <https://orcid.org/0009-0004-8769-1752>

І. М. ШПАКІВСЬКА¹, канд. біол. наук, старш. наук. співроб.,

завідувач відділу екосистемології

e-mail: ishpakivska@ukr.net ORSID ID: <http://orcid.org/0000-0002-5152-6083>

¹Інститут екології Карпат Національної академії наук України,

вул. Козельницька 4, Львів, 79026, Україна

ЗАПАС КАРБОНУ В ЛІСОВІЙ ПІДСТИЛЦІ НА ТЕРИТОРІЇ СКОЛІВСЬКИХ БЕСКИДІВ (УКРАЇНСЬКІ КАРПАТИ)

Мета. Дослідити запас карбону в лісовій підстилці на території Сколівських Бескидів (Українські Карпати), з урахуванням гірських особливостей регіону та змодельовати регіональне регресійне рівняння для розрахунків запасів вуглецю у підстилці на базі отриманих даних.

Методи. Польові дослідження запасу карбону в лісовій підстилці – за методом Скородумова. Визначення мінеральної частини у підстилці – методом сухого озолення. Математичне моделювання.

Результати. Дослідження проводились на території Сколівських Бескидів (Українські Карпати). Обрана територія дала можливість дослідити вплив абіотичних факторів на формування запасу вуглецю у лісовій підстилці, а також порівняти ці запаси при різних типах лісокористування. Проведено розрахунки запасу карбону на закладених 8-ми трансектах у Сколівських Бескидах. В результаті маршрутних досліджень проведено обрахунок запасу карбону в лісовій підстилці на закладених трансектах Сколівських Бескидів. Виявлено залежність запасу вуглецю у лісовій підстилці від породного складу деревостану, експозиції та крутизни схилу. Сформовано регіональне регресійне рівняння конверсії даних державного лісового кадастру для розрахунків запасів вуглецю у підстилці з врахуванням висоти над рівнем моря та крутизни схилу.

Висновки. Виявлено кореляційну залежність між запасом вуглецю у лісовій підстилці та абіотичними факторами (породний склад деревостану, експозиція, крутизна схилу), що дало змогу створити регіональне регресійне рівняння конверсії даних державного лісового кадастру для розрахунків запасу вуглецю у лісовій підстилці.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: лісова підстилка, карбон, депонування вуглецю, абіотичні фактори, органічний вуглець

Як цитувати: 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>

In cites: Chernyavska Kh .I., Shpakivska I. M. (2022). Carbon stock in the litter on the Skolivski Beskydy territory (Ukrainian Carpathians). *Man and Environment. Issues of Neoecology*, (37), 82-90. <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2022-37-08> (in Ukrainian)

Вступ

Сталий розвиток, до якого сьогодні прагне все людство розглядає ресурси лісу не лише, як запас деревини, але й оцінює його екологічні послуги. Однією із життєво необхідних та прибуткових функцій лісу є процес поглинання вуглецю [1, 2].

В даний час проблема парникових газів стає все більш актуальною і охоплює

усі країни світу. Україна також, долучилася до міжнародних угод з питань врегулювання змін клімату та скорочення парникових газів. Одним із найважливіших таких документів є Кіотський протокол, який Верховна Рада України ратифікувала 4 лютого 2004 року (Закон України від 04.02.2004 №1430-IV «Про ратифікацію Кіотського протоколу

до Рамкової конвенції ООН про зміну клімату»)), чим взяла на себе зобов'язання перед світовою спільнотою не перевищувати рівня викидів парникових газів базового 1990 року [3].

Прийнявши міжнародні зобов'язання згідно з Кіотським протоколом, Україна повинна вести щорічний кадастр чистих змін викидів із джерел та абсорбції поглиначами парникових газів, які є прямим результатом діяльності людини у сфері змін землекористування і в лісовому господарстві, починаючи з 1990 року. Під час таких оцінок слід враховувати обсяги викидів та поглинання парникових газів при лісорозведенні, лісовідновленні, залісненні та веденні лісового господарства [4, 5, 6].

У регіональному аспекті ліси є вагомим резервуаром нагромадження вуглецю та зменшення його антропогенного надходження внаслідок спалювання викопного палива й промислових емісій. Проте, ліси, внаслідок їхнього вирубування, пожеж, інвазії шкідників і хвороб лісу, можуть бути також джерелами надходження вуглецю до атмосфери. Тобто, вдосконалення системи ведення лісового господарства, охорони лісів від пожеж, шкідників і хвороб лісу призводить до значного зменшення загального рівня емісії вуглецю, який виділяється лісами. Обсяги зв'язування вуглецю з атмосфери тісно спряжені з продуктивністю лісів й обсягами приросту стовбурової деревини, які функціонально залежні від кліматичних чинників, ґрунтових і лісотипологічних умов, породного складу лісових насаджень, їх вікової структури тощо. Важливою екологічною функцією лісів вважають депонування вуглецю атмосфери й довготривале його секвестрування в стовбуровій деревині, підстильці та гумусованих горизонтах ґрунту. Ці процеси корелюються з продуктивністю лісових насаджень, їхніми запасами, бонітетами, типами лісорослинних умов. З огляду на це, є потреба розроблення і застосування заходів, спрямованих на збільшення продуктивності лісів внаслідок лісогосподарської діяльності, з метою покращення їх вуглецьдепонуючої функції [7,8].

Зважаючи на потребу регіональних оцінок депонування вуглецю та встановлення ролі лісових екосистем у зв'язуванні вуглеки-

слога газу атмосфери, впродовж останніх років в Україні було проведено низку досліджень в різних регіонах з розрахунком величини акумуляції органічного вуглецю лісовими насадженнями [7, 9, 10, 11]. Проте, у переважній більшості з них детально вивчено акумулювання органічного вуглецю у розрізі адміністративних територіальних одиниць або лише надземною частиною фітомаси деревного ярусу, і тільки в роботах В.П.Пастернака зроблена комплексна оцінка депонування вуглецю у живій фітомасі, підстильці та стовбуровому фітодетриті лісів північного сходу України [12].

Тобто, незважаючи на численні дослідження лісових насаджень Українських Карпат та прогнозування їх ролі у пом'якшенні змін клімату, комплексних просторових оцінок депонування органічного вуглецю лісовими екосистемами за окремими екорегіонами не проводилося. Також у цих працях не йдеться про особливості розрахунку депонування вуглецю в гірських регіонах.

Особливої уваги в цьому питанні заслуговують Сколівські Бескиди, у яких зосереджено найбільший лісоресурсний потенціал щодо фіксації вуглецю у нашій області, оскільки лісистість Сколівських Бескид становить 76% [13].

Вуглецева ємність Сколівських Бескид стає необхідною складовою у прогнозуванні вуглецевого балансу України.

З огляду на існуючі проблеми обліку та оцінки вуглецевого балансу в лісових екосистемах мета роботи полягає у створенні бази даних щодо вуглецевої ємності лісових екосистем Сколівських Бескид за віковими, породними, та ін.. показниками. Дослідити запас карбону в лісовій підстильці на території Сколівських Бескидів (Українські Карпати), з урахуванням гірських особливостей регіону та змодельовати регіональне регресійне рівняння для розрахунків запасів вуглецю у підстильці на базі отриманих даних.

Результати роботи служитимуть, як база даних, що працюватиме, на рівні різних регіонів Карпат, при наявності коефіцієнтів. Отримані дані дадуть можливість прогнозувати депонування вуглецю в часовому аспекті в залежності від способу лісокористування.

Методи дослідження

Вибір території досліджень пов'язаний з екологічною та господарською специфі-

кою регіону. Сколівські Бескиди – це екорегіон, район з давніми традиціями лісового

господарства і водночас з найбільшим відсотком лісових земель (рис. 1). Значну площу регіону займають природоохоронні території НПП “Сколівські Бескиди” (343 км²) та РЛП Поляницький (10,7 км²) [14 – 16].

Із 109 232 га лісів регіону 77 944 га, або 71 %, підпадають під ті, чи інші обмеження лісокористування (категорії природо-, водоохоронних та протиерозійних лісів, Закону України “Про мораторій на проведення суцільних рубок на гірських схилах в ялицево-букових лісах Карпатського регіону”) і лише 31 288 га припадає на ліси інтенсивної експлуатації, в яких законодавством дозволені суцільні рубання головного користування. Та-

ким чином, площа лісів, придатних для інтенсивної експлуатації, становить 29 % площі всіх лісів Сколівських Бескидів, або 17 % площі екорегіону. Серед лісів, придатних для інтенсивної експлуатації, найбільші площі займають похідні буково-(ялицево)-ялинові деревостани (17 048 га) стрімких схилів, великі масиви яких зосереджені на південному сході регіону у басейні верхів'я р. Мізунки. На північному заході Сколівських Бескидів невеликі осередки лісів можливої інтенсивної експлуатації розташовані на вершинах невисоких хребтів та спадистих схилах, це переважно вторинні буково-ялицеві та чисті ялинові деревостани.



Рис.1 – Локалізація території дослідження – Сколівські Бескиди

Fig. 1 – Localization of the study area – Skole Beskids

За даними дешифрування космо-зображення Landsat ETM+ на 2000 рік загальна лісистість регіону становила 76% або 109 232 га, з яких 50 931 га – з переважанням листяних порід, а 58 301 га – з переважанням хвойних. У сучасному лісовому покриві Сколівських Бескидів найбільшу площу займали мезотрофні вологі ялиново-букові та ялиново-ялицево-букові ліси (Piceeto-(Abieto)-Fageta) на стрімких схилах – 32 940 га. Більша їхня частина (21 788 га) зосереджена у межах висот 650–900 м. Другими за поширенням (24 016 га) є буково-ялинові та буково-ялицево-ялинові ліси (Fageto-(Abieto)-Piceeta), які ростуть у діапазоні висот 650–900 м (13 180 га). Очевидно, що ці

лісові екосистеми є похідними й утворилися внаслідок господарської діяльності на місці природних ялиново-букових лісів. Оліготрофні та мезотрофні вологі та сирі ялинові ліси (Piceeta) займають у Сколівських Бескидах обмежені площі (795 га) на південному сході регіону, у басейні р. Свічі, на схилах та вершинах хребтів, які підіймаються вище 1100 м н.р.м.

Тобто, зважаючи на загальну лісистість Сколівських Бескидів та обмеження лісокористування, можна припустити, що досліджувана територія володітиме значною вуглецевою ємністю. Як виявлено раніше [15] регіональні оцінки запасів вуглецю за усередненими даними без врахування розпо-

ділу насаджень за віковими групами та класами бонітету значно спотворюють (переважно занижуються) дані про середні пули вуглецю конкретної породи та регіону загалом [9]. В ході досліджень звернули увагу й на вплив абіотичних факторів на запаси органічного вуглецю в підстилках лісових екосистем Сколівських Бескидів. Адже при розрахунку запасу вуглецю у лісовій підстилці в гірських регіонах є ряд факторів, що впливають на формування самої підстилки., а саме:

- крутизна схилу;
- висота над рівнем моря;
- експозиція схилу.

З огляду на це, отримання порівняльних даних щодо запасів вуглецю в лісових екосистемах Сколівських Бескидів з врахуванням впливу абіотичних факторів у гірських регіонах дозволить провести коректну оцінку депонування вуглецю в залежності від особливостей лісокористування та встановити їх роль у вуглецевому балансі суміжних територій карпатського регіону.

На території Сколівських Бескидів – обрано вісім трансект (рис.2):

- м. Сколе – г. Парашка;
- с. Корчин – г. Парашка;
- с. Майдан – г. Парашка;
- с.Козьова – г. Високий Верх
- Бутивлянське л-во - г. Маківка
- РЛП “Поляницький”
- Сукільське лісництво (ДП “Болахівське лісове господарство”)
- Мислівське лісництво (Людвиківське л-во ДП “Вигодське ЛГ”).

На цих трансектах проведено маршрутні дослідження з визначенням потужності підстилki та гумусового горизонту ґрунтів для встановлення впливу орографічних особливостей території на запаси органічного вуглецю. Відібрано зразки для визначення вмісту органічного вуглецю. Трансекти охоплюють повний спектр експозицій, діапазон висот над рівнем моря (650 м – 1294 м), лісові екосистеми з різними за породним складом, структурою та віком деревостанами.



Рис.2 – Локалізація трансект на території Сколівських Бескид.

Fig. 2 – Localization of the transect on the territory of Skolivski Beskydy

На 55-ти ділянках відібрано зразки підстилки та ґрунту для лабораторних досліджень вмісту органічного вуглецю.

Дослідження вуглецевої ємності лісових екосистем передбачають дослідження за чотирма пулами: фітомаса (враховуючи піднаметове вкриття); мертва деревина(сухостій та відмерла деревина); підстилка; органічна речовина ґрунтів [17 – 19].

Для визначення запасу Сорґ. використовували методику вимірювання товщини підстилки за Скородумовим А.С. Метод по-

лягає в тому, що на пробній площі закладаються площадки площею в 1 м^2 ($0,25 \text{ м}^2$), підстилку забирають з площадки руками і від цього ж горизонту проводять вторинне замірювання для визначення потужності (товщини) кожного із шарів. Визначення мінеральної частини у підстилці проведено методом сухого озолення [1, 15, 20].

Для обрахунку даних та в подальшому виведенні регресійного рівняння - проводили кореляційні залежності та використовували математичне моделювання.

Результат досліджень

Проведено обрахунки запасу вуглецю у підстилці та ґрунті для 8-ми трансект у Львівській та Івано-Франківській областях (рис.3.). З отриманих даних виявлено залежність запасу вуглецю у підстилці від крутизни схилу. Зі збільшенням крутизни схилу – запас органічного вуглецю у підстилці зменшується. Виявлено залежність запасу вуглецю у лісовій підстилці від породного складу деревостану (у листяних менший запас, ніж у хвойних). А також і залежність від

експозиції (на південних схилах запас карбону є більшим ніж на північних).

У ході роботи встановлено пряму залежність $C_{\text{орг.}}$ у ґрунті від $C_{\text{орг.}}$ у підстилці ($R^2 = 0,74$ (Корчин)). А також, залежність $C_{\text{орг.}}$ у ґрунті та підстилці від зміни крутизни схилу та висоти над рівнем моря. За результатами побудовані кореляційні поля залежності Сорґ. від ряду чинників.

Наявність зв'язку між змінними – передумова для застосування регресійного аналізу.

	Середній запас Сорґ на трансектах, т/га							
	Сколе	Корчин	Майдан	Панасівка	Маківка	Полянниця	Сукіль	Мислівка
Підстилка	6.42	4.926	10.637	6.452	9.332	14.332	13.829	35.715
Ґрунт	96.357	105.571	72.614	91.447	117.106	60.453	76.933	216.625

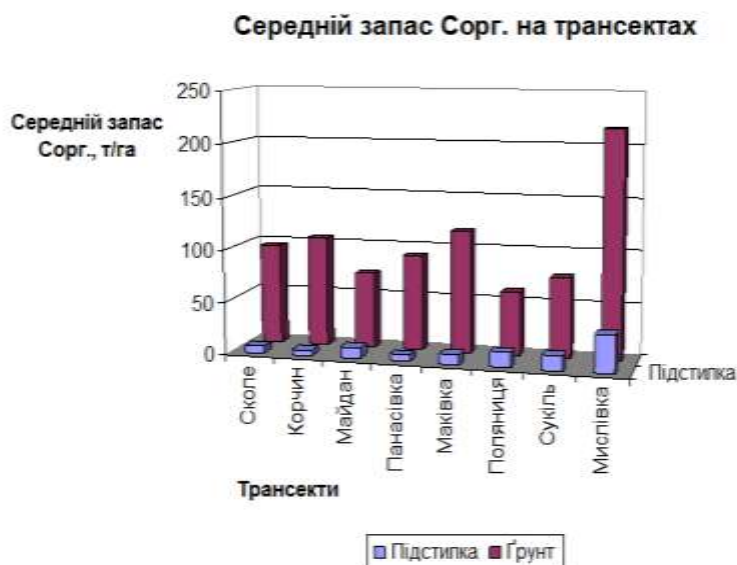


Рис. 3 – Середній запас $C_{\text{орг.}}$ на досліджуваних трансектах

Fig. 3 – Average stock $C_{\text{орг.}}$ on the studied transects

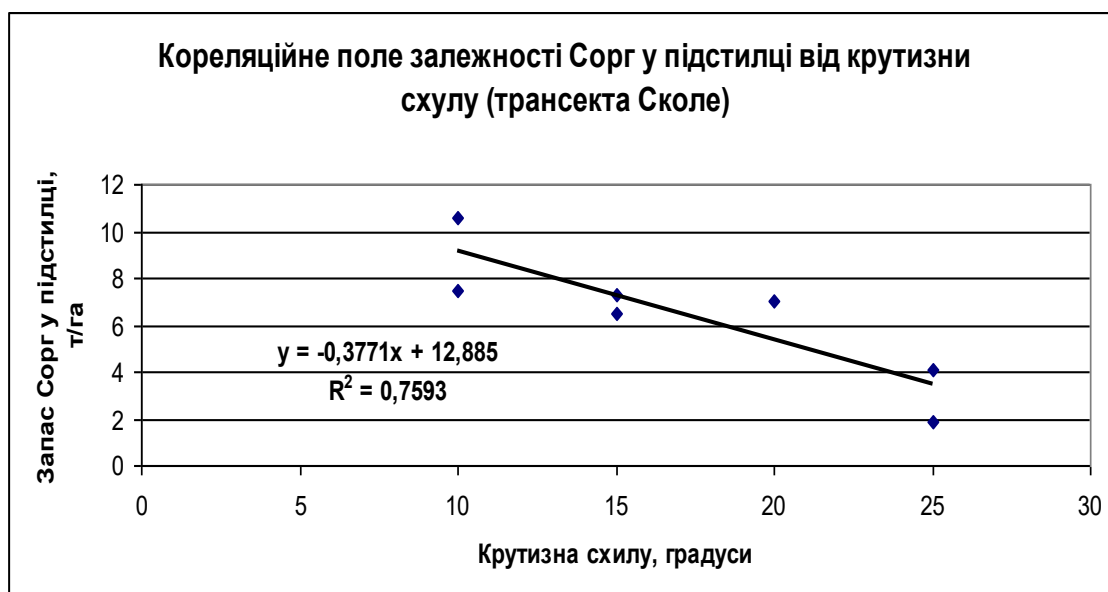


Рис. 4 – Кореляційне поле залежності Сор_г у підстилці від крутизни схилу (на трансекті «Сколе»)

Fig. 4 – The correlation field is extremely C_{org} in the litter from the steepness of the slope (on the transect "Skole")

Створено регресійне рівняння, що відображає залежність запасу органічного вуглецю у лісовій підстилці від крутизни схилу і висоти над рівнем моря:

$$Z = 1,606855 - 0,179030 * K + 0,016935 * V$$

Де:

Z – запас C (т/га);

K – крутизна схилу (градуси);

V – висота над рівнем моря (м).

Регресійні рівняння та закономірності дозволяють збільшити точність регіональ-

них оцінок еколого-економічного потенціалу лісових екосистем щодо депонування органічного вуглецю лісовими насадженнями різного віку та породного складу. Також, вони будуть важливими для ведення лісового моніторингу, розрахунку ефективності лісовідновлення та комплексного використання лісових ресурсів. Завдяки таким дослідженням наповнення баз даних запасів органічного вуглецю в лісових екосистемах Українських Карпат стане якіснішим та більш детальним.

Висновки

В результаті дослідження розроблені методичні підходи до комплексної оцінки запасів та депонування органічного вуглецю у лісових екосистемах гірських регіонів, визначено критерії оцінки вуглецевої ємності території, а також прогнозування вуглецевого балансу за різних сценаріїв лісокористування, визначено частку “керованого” бюджету вуглецю з метою можливого його коригування.

Проведено маршрутні дослідження для визначення потужності підстилки та гумусового горизонту ґрунту на модельних трансектах Сколівських Бескидів для встановлення

впливу особливостей рельєфу (в.н.р.м., крутизна та експозиція схилів) території на запаси органічного вуглецю;

Регіональне регресійне рівняння конверсії даних державного лісового кадастру для розрахунків запасів вуглецю у підстилці з врахуванням висоти над рівнем моря та крутизни схилу збільшує точність регіональних оцінок еколого-економічного потенціалу лісових екосистем щодо депонування органічного вуглецю лісовими насадженнями різного віку та породного складу. Це важливо для ведення лісового моніторингу, розрахунку ефективності лісовідновлення та комплексного використання лісових ресурсів.

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. Чернявська Х.І. Властивості лісової підстилки як компонента пралісових екосистем природного заповідника «Горгани» (Українські Карпати). *Науковий вісник НЛТУ України*. 2014. Вип. 24.8. С. 139 – 144.
2. Soloviy I., Nijnik M., Ilkiv Kh. Mountain forestry policy and strategies in response to climate change challenges: the case of the Ukrainian Carpathians. *Лісове господарство, лісова, пеперова і деревообробна промисловість*. 2011, вип.37.2. С. 111-120.
3. *Київський протокол до Рамкової конвенції Організації об'єднаних націй про зміну клімату*. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_801#Text.
4. Букша І.Ф., Бутрим О.В., Пастернак В.П. Інвентаризація парникових газів у секторі землекористування та лісового господарства. Монографія. ХНАУ. Харків., 2008. 232 с. URL: http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.
5. TEEB – The Economics of Ecosystems and Biodiversity for National and International Policy Makers – Summary: Responding to the Value of Nature 2009. URL: http://www.biodiversity.ru/programs/international/teeb/materials/teeb/TEEB_Report_policymakers_rus.pdf
6. TEEB (2010) – The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Mainstreaming the Economics of Nature. A synthesis of the approach, conclusions and recommendations of TEEB. URL: <http://www.teebweb.org/LinkClick.aspx?fileticket=LsWRj822NgA%3D&tabid=1278&mid=2357>
7. Лакида П.І., Домашовець Г.С. Біопродуктивність лісів Львівщини та її динаміка: Монографія. Корсунь-Шевченківський, ФОП Майданченко І.С., 2009. 235 с.
8. Лакида П.І. Фітомаса лісів України: монографія. Тернопіль: Збруч, 2002. 256с.
9. Шпаківська І.М., Марискевич О.Г. Оцінка запасів органічного вуглецю в лісових екосистемах Східних Бескидів. *Вісник УкрНДЛП Лісівництва і Аеромеліорація*. 2009. №115. С. 176 – 180.
10. Пищик І.С., Шпаківська І.М. Актуальні запаси органічного карбону у лісових екосистемах регіонального ландшафтної парку «Надсянський» (МРБ «Східні Карпати»). Actual problems of natural scientific discussions: Collective monograph. Riga, Latvia: «Baltija Publishing», 2020. С. 241 – 263. DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-025-4-12>
11. Рожак В.П. Пули і потоки вуглецю в лісових екосистемах Стрийсько-Сянської Верховини (Українські Карпати). *Біологія та валеологія*. 2014. №16. С. 85-95.
12. Buksha, I., Pasternak, V., & Romanovsky, V. (2003). Forest and Forest Products Country Profile Ukraine, UN-ECE/FAO Timber and Forest Discussion Papers. Geneva UN-ECE/FAO. URL: <https://digitallibrary.un.org/record/521053?ln=fr>
13. Круглов І., Кюмерле Т., Часковський О., Кнорн Я., Радлофф Ф., Гостерт П. Динаміка лісистості Українських Карпат протягом 1988-2007 років: геологічний аналіз засобами геоматики. *Вісник Львівського університету. Серія географічна*. 2013. Випуск 46. С. 218-233. DOI: <https://doi.org/10.30970/vgg.2013.46.1473>
14. Маринич О. М., Пархоменко Г.О., Пашенко В.М., Петренко О.М., Шищенко П.Г. Фізико-географічне районування України. Національний атлас України. К.:ДНВП Картографія, 2009. С. 228-229.
15. Чернявська Х.І. Вплив абіотичних факторів на запаси органічного вуглецю в підстилках лісових екосистем Сколівських Бескидів (Українські Карпати) Наукові основи збереження біотичної різноманітності: матеріали I (XII) Міжнародної наукової конференції молодих учених (Львів, 21-22 травня 2015 року). – Львів, 2015. 217-219с.
16. Шпаківська І.М., Чернявська Х.І. Екологічний та господарський потенціал лісових екосистем гірських територій львівської області. *Біологія та валеологія*. Вип. 14. 2012. С. 140-148.
17. Бедернічек Т.Ю., Гамкало З.Г. Лабільна органічна речовина ґрунту: теорія, методологія, індикаторна роль. Київ: кондор, 2014. 180 с. URL: <https://www.academia.edu/8387229>
18. Kern J.S., Turner D.P., Dodson R.F. Spatian patterns of soil organic Carbon pool size in the Northwestern United States. Soil processes and carbon cycle \ ed. By R. Lal et al. 1997. CRC Press LLC. P. 29-43. DOI: <https://doi.org/10.1201/9780203739273-3>
19. Kurganova I.N., Lopes de Gerenyu V.O. Assessment of changes in soil organic carbon storage in soils of Russia, 1990-2020. *Eurasian Soil Sci. Supplement*. 2008. Vol. 41. № 13. P. 1371-1378. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1064229308130048>
20. Чорнобай Ю.М. Трансформація рослинного детриту в природних екосистемах. Львів: Вид-во ДПМ НАН України, 2000. 352с.

Стаття надійшла до редакції 20.04.2022

Стаття рекомендована до друку 27.05.2022

Kh. I. CHERNYAVSKA¹,

Leading Engineer of the Division of Ecosystemology

e-mail: khrystyna.88@i.ua ORSID ID: <https://orcid.org/0009-0004-8769-1752>

I. M. SHPAKIVSKA¹, Ph D (Biology), Senior Research Officer,

Head of the Division of Ecosystemology

e-mail: ishpakivska@ukr.net ORSID ID: <http://orsid.org/0000-0002-5152-6083>

¹*Institute of the Ecology of the Carpathians of the National Academy of Sciences of Ukraine*
4, Kozelnytska str., Lviv, 79026, Ukraine

CARBON STOCK IN THE LITTER ON THE SKOLIVSKI BESKYDY TERRITORY (UKRAINIAN CARPATHIANS)

Purpose. Investigate the carbon stock in the forest litter in the Skolivski Beskydy (Ukrainian Carpathians), taking into account the mountainous features of the region, and model the regional regression equation for calculating the carbon stock in the litter based on the obtained data.

Methods. Field studies of carbon stock in forest litter by the technique of Skorodumov. Determination of mineral parts and bedding was determined by dry ashing. Mathematical modeling.

Results. The work was carried out on the territory of the Skolivski Beskydy (Ukrainian Carpathians). The selected area provides an opportunity to study the impact of abiotic factors on the formation of carbon stocks in forest litter, as well as to compare these reserves in different types of forest use. As a result of route research, the calculation of the carbon stock in the forest litter on the laid transects of the Skole Beskids was calculated. Carbon reserves were calculated on the basis of eight transects in the Skolivski Beskydy. From the obtained results, we found the dependence of carbon stock in forest litter on the species composition of the stand, exposure, and slope steepness. Based on the results obtained, it was possible to form a regional regression equation for converting data from the state forest cadastre to calculate carbon stocks in the litter, considering the altitude and slope steepness.

Conclusions. The correlation between carbon stock in forest litter and abiotic factors (stand composition, exposure, slope steepness) was revealed, which allowed creating of a regional regression equation for the conversion of state forest cadastre data for carbon stock calculations in forest litter.

KEYWORDS: forest litter, carbon, carbon deposition, abiotic factors, organic carbon

References

1. Chernyavska, H.I. (2014). Properties of forest litter as a component of virgin forest ecosystems of the Gorgany Nature Reserve (Ukrainian Carpathians). *Scientific Bulletin of NLTU of Ukraine*, (24.8), 139 – 144.
2. Soloviy, I., Nijnik, M., & Ilkiv, Kh. (2011). Mountain forestry policy and strategies in response to climate change challenges: the case of the Ukrainian Carpathians. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, (37.2), 111-120.
3. Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change. (2006). https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_801#Text.
4. Buksha, I.F., Butrym, O.V., & Pasternak, V.P. (2008). Greenhouse gas inventory in the land use and forestry sector. Monograph. Kharkiv, http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.
5. TEEB (2009). The Economics of Ecosystems and Biodiversity for National and International Policy Makers – Summary: Responding to the Value of Nature 2009. http://www.biodiversity.ru/programs/international/teeb/materials/teeb/TEEB_Report_policymakers_rus.pdf
6. TEEB (2010). The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Mainstreaming the Economics of Nature. A synthesis of the approach, conclusions and recommendations of TEEB. <http://www.teebweb.org/LinkClick.aspx?fileticket=LsWRj822NgA%3D&tabid=1278&mid=2357>
7. Lakyda, P.I., Domashovets, H.S. (2009). Bioproductivity of forests of Lviv region and its dynamics: Monograph. Korsun-Shevchenkivsky, FOP Maidanchenko IS.
8. Lakyda, P.I. (2002). Phytomass of forests of Ukraine: monograph. Ternopil: Zbruch.
9. Shpakivska, I.M., Mariskevich, O.G. (2009). Estimation of organic carbon reserves in forest ecosystems of the Eastern Beskids. *Bulletin of UkrNDILG Forestry and Agromelioration*, (115), 176 - 180.
10. Pyzhyk, I.S., & Shpakivska, I.M. (2020). Actual reserves of organic carbon in the forest ecosystems of the regional landscape park "Nadsyansky" (MRB "Eastern Carpathians"). Actual problems of natural scientific discussions: Collective monograph. Riga, Latvia: Baltija Publishing, 241 - 263. DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-025-4-12>

11. Rozhak, V.P. (2014). Carbon pools and flows in the forest ecosystems of the Stryj-Sian Verkhovyna (Ukrainian Carpathians). *Biology and valeology*, (16), 85-95.
12. Buksha, I., Pasternak, V., & Romanovsky, V. (2003). Forest and Forest Products Country Profile Ukraine, UN-ECE/FAO Timber and Forest Discussion Papers. Geneva UN-ECE/FAO. <https://digitallibrary.un.org/record/521053?ln=fr>
13. Kruhlov I., Kyumerle T, Chaskovskyy O., Knorn YA., Radeloff F.,& Hostert P. (2013). Dynamics of forest cover of the Ukrainian Carpathians during 1988-2007: geological analysis by means of geomatics. *Bulletin of Lviv University. The series is geographical*, (46), 218–233. <https://doi.org/10.30970/vgg.2013.46.1473>
14. Marynych, O. M., Parkhomenko, H.O., Pashchenko, V.M., Petrenenko, O.M.,& Shyshchenko, P.H. (2009). Physical and geographical zoning of Ukraine. National Atlas of Ukraine. Kyiv: DNVP Kartografiya, 228-229.
15. Chernyavska, KH.I. (2015). Influence of abiotic factors on organic carbon reserves in the litter of forest ecosystems of the Skole Beskids (Ukrainian Carpathians) Scientific bases of biodiversity conservation: materials of the I (XII) International Scientific Conference of Young Scientists (Lviv, May 21-22, 2015). 217-219.
16. Shpakivska, I.M., & Chernyavska KH.I. (2012). Ecological and economic potential of forest ecosystems of mountainous territories of Lviv region. *Biology and valeology*, (14), 140-148.
17. Bedernichek, T.YU., & Hamkalo, Z.H. (2014). Labile organic matter of soil: theory, methodology, indicator role. Kyiv: kondor. <https://www.academia.edu/8387229>
18. Kern, J.S., Turner, D.P., & Dodson, R.F. (1997). Spatian patterns of soil organic Carbon pool size in the North-western United States. *Soil processes and carbon cycle* . R. Lal (Ed.). CRC Press LLC. 29-43. <https://doi.org/10.1201/9780203739273-3>
19. Kurganova, I.N., & Lopes de Gerenyu, V.O. (2008). Assessment of changes in soil organic carbon storage in soils of Russia, 1990-2020. *Eurasian Soil Sci. Supplement*, 41(13), 1371-1378. <https://doi.org/10.1134/S1064229308130048>
20. Chornobay, Yu.M. (2000). Transformation of plant detritus in natural ecosystems. Lviv: DPM NAS of Ukraine Publishing House.

The article was received by the editors 20.04.2022

The article is recommended for printing 27.05.2022