



I. С. Піжик, І. М. Шпаківська

Інститут екології Карпат НАН України, м. Львів, Україна

АКТУАЛЬНІ ЗАПАСИ ОРГАНІЧНОГО КАРБОНУ В МОРТМАСІ ТА ҐРУНТІ ЛІСОВИХ ЕКОСИСТЕМ СТРИЙСЬКО-СЯНСЬКОЇ ВЕРХОВИНИ НА ТЕРИТОРІЇ ВЕРХНЬОВИСОЦЬКОГО ЛІСНИЦТВА (ДП "БОРИНСЬКИЙ ЛІСГОСП")

Досліджено запаси органічного Карбону ($C_{орг.}$) на території Стрийсько-Сянської Верховини у Верхньовисоцькому лісництві ДП "Боринський лісгосп" (Львівська обл., Турківський р-н). Оцінено запаси $C_{орг.}$ у трьох пулах: лісова підстилка, грубі деревні залишки і ґрунт. Було закладено 22 пробні площі, на яких у 3-разовій повторюваності відібрано зразки підстилки та ґрунту (з Н і Нр горизонтів). Пробна площа № 11 розташована на території, де було проведено суцільну рубку, під час якої знищено шар лісової підстилки, а після зсув частково або повністю знищив Н і Нр горизонти ґрунту на площі близько 0,5 га. На кожній пробній площі було закладено ділянку розміром 3×3 м, на якій проводили облік мертвої деревини (мертва деревина діаметром більше 1 см, пні та мертві стоячі дерева). Вміст органічної речовини у підстилці визначено методом сухого озолення, для перерахунку на запаси органічного Карбону використано коефіцієнт 0,52. Вміст $C_{орг.}$ у ґрунті визначено методом Нікітіна, а його запаси – з урахуванням щільності будови ґрунту в шарі 0,0–0,25 м. Для визначення запасу органічного Карбону у грубих деревних залишках використано коефіцієнт 0,50 і середнє значення щільності мертвої деревини $345 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$. Встановлено, що запаси органічного Карбону в підстилці змінюються від $3,94^{\pm 0,24} \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$ до $9,07^{\pm 1,72} \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$, запаси $C_{орг.}$ у грубих деревних залишках коливаються в діапазоні $0,16\text{--}2,86 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$, а у ґрунті – від $32,00^{\pm 0,17} \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$ до $56,97^{\pm 0,31} \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$. Сумарні запаси органічного Карбону в мортмасі та ґрунті досліджуваних екосистем становлять $34,47\text{--}63,77 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$. Розраховано, що втрати органічного Карбону у мортмасі і ґрунті на пробній площі № 11 становлять приблизно $20\text{--}27 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$.

Ключові слова: Українські Карпати; лісова підстилка; мертва деревина; органічна речовина; парникові гази.

Вступ. Проблема глобальної зміни клімату, спричиненої збільшенням концентрації парникових газів в атмосфері, призвела до значної активізації досліджень з депонування Карбону лісовими екосистемами. Відповідно до міжнародних кліматичних угод з побудови кадастрів парникових газів особливої актуальності набуло оцінювання бюджету Карбону у лісах на регіональному і національному рівнях (Volodymyrenko et al., 2016). Лісові екосистеми є найбільшим наземним депо атмосферного Карбону, а більше половини їх чистої первинної продукції надходить у ґрунт за рахунок трансформації лісового опаду та підстилки. Зміни в запасах Карбону у лісових екосистемах мають істотний вплив на глобальний бюджет Карбону (Grant et al., 2016).

Аналіз літературних джерел. В Україні в різних регіонах проведено низку досліджень з акумуляції органічного Карбону в лісових екосистемах. Проте тільки у роботі В. Пастернака (2011) оцінено запаси органічного Карбону у фітомасі, підстилці і стовбуровому фітодетриті (Pasternak, 2011). У роботі П. Лакиди оцінено фіто-

масу лісів України і запропоновано формули для оцінки запасів органічного Карбону в інших пулах вуглецю (Lakyda, 2002). У публікації І. Шпаківської і О. Марискевич наведено оцінку запасів органічного Карбону в лісових екосистемах Сколівських Бескид за даними лісової таксації з використанням відповідних коефіцієнтів (Shpakivska & Maryshevych, 2009). Проте, як зазначають інші дослідники, достовірніші результати можна отримати комбінуючи польові і розрахункові методи (Alekseyev & Berdsi, 1994; Grant et al., 2016). Зокрема, В. Рожак у своїй роботі описав особливості формування циклу органічного Карбону у лісових екосистемах Стрийсько-Сянської Верховини (Rozhak, 2014). І. Піжик і І. Шпаківська провели оцінку запасів органічного Карбону у лісовій підстилці і грубих деревних залишках на території РЛП "Надсянський" (пробні площі заклали на території Яблунського лісництва ДП "Боринський лісгосп") (v). Натепер залишається актуальним проведення детальних досліджень запасів органічного Карбону в мортмасі і лісових екосистем та верхніх горизон-

Інформація про авторів:

Пижик Ігор Степанович, пров. інженер, відділ екосистемології. Email: igorpyzhyk@gmail.com;

<https://orcid.org/0000-0001-6594-0499>

Шпаківська Ірина Миронівна, канд. біол. наук, ст. наук. співробітник, відділ екосистемології. Email: ishpakivska@ukr.net;

<https://orcid.org/0000-0002-5152-6083>

Цитування за ДСТУ: Піжик І. С., Шпаківська І. М. Актуальні запаси органічного карбону в мортмасі та ґрунті лісових екосистем Стрийсько-Сянської верховини на території Верхньовисоцького лісництва (ДП "Боринський лісгосп"). Науковий вісник НЛТУ України. 2019, т. 29, № 9. С. 15–21.

Citation APA: Pyzhyk, I. S., & Shpakivska, I. M. (2019). Actual stocks of the organic carbon in mortmas and soils of forestry ecosystems of the Stryi-Sianskaya Verkhovyna in the territory of the Vernovysotske forestry (Borin forestry enterprise). *Scientific Bulletin of UNFU*, 29(9), 15–21. <https://doi.org/10.36930/40290902>

тах ґрунту на регіональному рівні, зокрема в експлуатаційних лісах.

Об'єктом дослідження є органічний Карбон у компонентах лісових екосистем Верховини.

Предмет дослідження – методи і засоби встановлення значення величини актуальних запасів ($t \cdot га^{-1}$) органічного Карбону.

Мета дослідження – оцінити актуальні запаси органічного Карбону у мортмасі та ґрунті лісових екосистем Стрийсько-Сянської Верховини.

Для досягнення мети роботи поставлено такі *основні завдання*:

- аналіз лісівничо-таксаційних характеристик деревостанів регіону та інших літературних джерел, пов'язаних з темою і територією дослідження;
- підбір пробних площ на підставі лісотаксаційних матеріалів і консультацій з працівниками лісгосподарського підприємства;
- відбір зразків ґрунту і лісової підстилки і оцінювання запасів грубих деревних залишків;
- проведення лабораторних аналізів;
- проведення порівняння отриманих даних з даними попередніх досліджень досліджуваної території.

Наукова новизна роботи полягає в тому, що вперше проведено комплексну регіональну оцінку депонування органічного вуглецю у компонентах лісових екосистем Українських Карпат, його просторового розподілу на прикладі Стрийсько-Сянської Верховини, виявлено вплив на нагромадження вуглецю абіотичних та біотичних факторів, оцінено зменшення кількості його депонування внаслідок антропогенного вилучення деревини за різних способів лісокористування.

Територія дослідження. Дослідні полігони розташовані на території Стрийсько-Сянської Верховини – фізико-географічного району Українських Карпат в межах Турківського і Сколівського р-нів Львівської обл. у верхів'ях річок Опору, Стрию та Сяну (рис. 1). За даними дистанційного зондування Землі на підставі дешифрування супутникових знімків Landsat встановлено, що загальна площа Стрийсько-Сянської Верховини становить 130254 га, а площа вкрита лісом 60191 га (46,2 %) з переважанням хвойних лісів, які займають 29,3 % (Tsunyak et al., 2013). Дослідні площі було приурочено до території Верхньовисоцького лісництва ДП "Боринське ЛГ". Загальна площа лісництва 2528 га, вкрита лісовою рослинністю землі – 2189,5 га, лісові культури становлять 15 % від вкритої лісом площі (Forestry, 2019). Верхньовисоцьке лісництво є експлуатаційним і на його території проводять різні лісгосподарські заходи, заготівлю деревини різними видами рубань та створення лісових культур, зокрема введення до складу деревостану модрина європейської.

Матеріали і методи дослідження. Для оцінки актуального запасу органічного Карбону мортмаси в експлуатаційних лісах Стрийсько-Сянської Верховини на території Верхньовисоцького лісництва провели дослідження його запасів та просторового розподілу з урахуванням лісотаксаційних характеристик (склад, повнота та вік деревостану) та абіотичних умов території (висота н.р.м., експозиція та крутизна схилу).

На території лісництва заклали 22 дослідні ділянки (табл. 1 і рис. 1), на яких в 3-разовій повторюваності відбирали проби підстилки методом Скородумова за допомогою рамки зі сторонами 25 см (Skorodumov,

1939). Загалом було відібрано 66 зразків лісової підстилки.

На кожній пробній площі відбирали у 3-разовій повторюваності зразки ґрунту з Н та Н_р горизонтів, загалом було відібрано 126 зразків ґрунту. Визначення мінеральної частини у підстилці здійснено методом сухого озолення у муфельній печі за температури 450–500 °С впродовж 5–8 год (Vazhenyna, 1974).

У межах дослідних ділянок закладено пробні площі розміром 3×3 м та проведено облік лежачого і стоячого стовбурового фітодетриту (ламань) і пнів, після чого зроблено перерахунок на вміст $C_{орг.}$. До грубих деревних залишків зараховували гілки діаметром більше 1 см, сухі стоячі дерева заввишки більше 1,3 м та пні, висота яких менше 1,3 м (Bilous, 2014). Для розрахунків запасів $C_{орг.}$ використали середню щільність мертвої деревини для цієї території $345 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$ (Rozhak, 2014). Для перерахунку вмісту органічного Карбону використовували коефіцієнт 0,52 для лісової підстилки і 0,50 для грубих деревних залишків (Chestnykh, Lyzhin & Koksharova, 2007).

Використовуючи програму Google Earth Pro, карту ґрунтів Турківського р-ну і координати, отримані під час польових досліджень, визначили типи ґрунтів, до яких приурочені дослідні ділянки. Для розрахунку запасів органічного Карбону використано дані щільності будови ґрунту (Golubets, 2007).

Результати дослідження та їх обговорення. Актуальні запаси органічного Карбону визначали у компонентах мортмаси: підстилці, грубих деревних залишках та органічній речовині ґрунтів.

Процес накопичення та розкладання мортмаси підстилки і грубих деревних залишків залежить від породного складу, віку, формули деревостану, зімкнутості та живого надґрунтового покриву лісової екосистеми, а кількість органічного Карбону в ґрунті є функцією процесів гуміфікації та мінералізації органічних решток, які потрапляють на поверхню ґрунту (Pyzhuk & Shpakiv'ska, 2018).

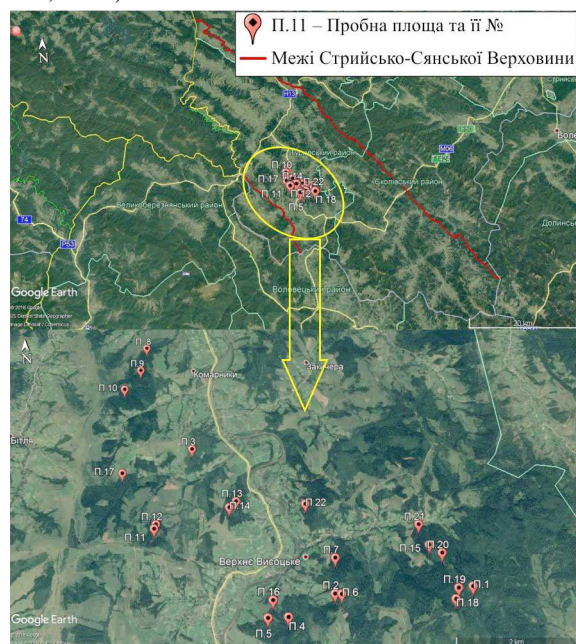


Рис. 1. Локалізація дослідних ділянок території Стрийсько-Сянської Верховини та Верхньовисоцького лісництва

Табл. 1. Коротка характеристика та локалізація дослідних ділянок на території Верхньовисцького лісництва Боринського ДЛП

№ п/п	Квартал / виділ	Формула деревостану / повнота	Вік деревостану, років	Координати	Експозиція, крутизна схилу, висота н.р.м.
1	24/7	10Бкл+Яле/0,7	65	N 48° 56' 39,0" E 23° 06' 32,0"	східна, 12–18°, 848 м
2	19/41	9Яцб1Яле/07	75	N 48° 56' 39,0" E 23° 04' 31,0"	північно-західна, 7–10°, 713 м
3	9/31	8Сз2Яле/0,7	44	N 48° 58' 12,0" E 23° 02' 36,6"	південна, 10–15°, 747 м
4	22/1	10Яле/0,5	50	N 48° 56' 28,0" E 23° 03' 56,6"	південна, 7–10°, 743 м
5	22/18	10Яле/0,5	67	N 48° 56' 39,4" E 23° 04' 38,0"	південна, 5–10°, 669 м
6	18/51	8Яле2Яцб/0,9	21	N 48° 56' 38,9" E 23° 04' 43,6"	південна, 5–7°, 750 м
7	18/17	8Яцб2Яле+Сз/0,7	90	N 48° 56' 59,5" E 23° 04' 40,6"	північна, 7–10°, 737 м
8	4/3	10Яле/05	43	N 48° 59' 32,0" E 23° 01' 42,4"	північно-східна, 5–10°, 740 м
9	4/19	8Яле2Яцб/0,6	75	N 48° 59' 11,9" E 23° 01' 39,7"	північно-західна, 4–7°, 810 м
10	4/28	10Яцб/0,8	62	N 48° 58' 54,0" E 23° 01' 29,5"	південна, 15–20°, 749 м
11	12/30	зруб 2016 року	-	N 48° 57' 21,1" E 23° 02' 03,9"	північно-західна, 10–15°, 740 м
12	12/30	10Яле+Яцб/0,7	75	N 48° 57' 23,9" E 23° 02' 05,0"	північно-західна, 10–15°, 717 м
13	13/14	8Яле2Бкл/0,5	25	N 48° 57' 36,4" E 23° 03' 15,5"	східна, 7–12°, 736 м
14	13/50	10Яле/0,8	47	N 48° 57' 32,4" E 23° 03' 09,6"	східна, 8–15°, 761 м
15	20/16	10Яле/0,7	35	N 48° 57' 07,3" E 23° 06' 06,4"	західна, 3–5°, 779 м
16	18/41	10Яле/0,7	30	N 48° 56' 37,5" E 23° 03' 46,3"	північно-східна, 0–2°, 714 м
17	9/4	10Яцб/0,6	87	N 48° 57' 57,8" E 23° 01' 30,6"	східна, 8–12°, 733 м
18	19/41	6Яцб2Яле2Бкл/0,6	55	N 48° 56' 33,0" E 23° 06' 16,6"	південно-східна, 0–2°, 816 м
19	19/42	10яле/0,7	35	N 48° 56' 38,9" E 23° 16' 20,2"	західна, 5–10°, 831 м
20	19/17	8Яцб2Яле/0,5	82	N 48° 56' 59,1" E 23° 05' 11,9"	південно-західна, 0–2°, 799 м
21	21/3	5Яцб5Яле/05	50	N 48° 57' 17,4" E 23° 05' 56,7"	північно-східна, 10–15°, 713 м
22	14/18	10Яле/0,5	58	N 48° 57' 33,2" E 23° 04' 17,7"	західна, 7–10°, 712 м

Мортмаса і ґрунт, завдяки своїм взаємозв'язкам і безпосередньому контакту між своїми компонентами, відіграють важливу роль у системі кругообігу органічного Карбону у лісових екосистемах. Вони водночас виступають резервуарами його довготривалого зберігання в екосистемі, з якого Карбон у доступній формі надходить різним живим організмам і депонується в атмосферу (Alekseyev & Berdsi, 1994; Banaš et al., 2014; Chestnykh, Lyzhin & Koksharova, 2007; Golubets, 2007; Grant et al., 2016; Matsala & Bilous, 2017; Pyzyh & Shpakiv's'ka, 2018; Rozhak, 2014; Shpakiv's'ka & Maryshevych, 2009).

Встановлено, що запас підстилки у Верхньовисцькому лісництві змінюється від $8,17 \text{ тга}^{-1}$ до $18,59 \text{ тга}^{-1}$ (ПП № 19 і 12 відповідно), а органічного Карбону – від $3,94^{\pm 0,24} \text{ тга}^{-1}$ до $9,07^{\pm 1,72} \text{ тга}^{-1}$. Запаси грубих деревних залишків змінюються від $0,32 \text{ тга}^{-1}$ до $5,73 \text{ тга}^{-1}$, а $C_{орг.}$ – від $0,16 \text{ тга}^{-1}$ до $2,86 \text{ тга}^{-1}$ (ПП № 6 і 4, 15). Повністю відсутня лісова підстилка на пробній площі № 11,

що є наслідком проведення суцільної рубки головного користування на території близько 0,5 га в попередні роки.

У молодняках (вік деревостану 0–40 років) запас підстилки і органічного Карбону змінюється у діапазоні $8,17 \text{ тга}^{-1}$ до $15,90 \text{ тга}^{-1}$ для підстилки і від $3,94^{\pm 0,24} \text{ тга}^{-1}$ до $7,81^{\pm 0,74} \text{ тга}^{-1}$ для $C_{орг.}$. Запас грубих деревних залишків коливається у межах $0,32\text{--}5,18 \text{ тга}^{-1}$, а органічного Карбону – від $0,16 \text{ тга}^{-1}$ до $2,59 \text{ тга}^{-1}$.

У середньовікових деревостанах запаси лісової підстилки та органічного Карбону коливаються у межах $9,42\text{--}15,80 \text{ тга}^{-1}$ для лісової підстилки і від $4,36^{\pm 0,64} \text{ тга}^{-1}$ до $7,67^{\pm 0,84} \text{ тга}^{-1}$ для $C_{орг.}$, а запас грубих деревних залишків і органічного Карбону – від $0,62 \text{ тга}^{-1}$ до $5,18 \text{ тга}^{-1}$ і від $0,31 \text{ тга}^{-1}$ до $2,59 \text{ тга}^{-1}$ відповідно.

У пристигаючих лісах запас підстилки і $C_{орг.}$ змінюється в межах – від $8,48 \text{ тга}^{-1}$ до $18,59 \text{ тга}^{-1}$ і $4,29^{\pm 0,62} \text{ тга}^{-1}$ до $9,07^{\pm 1,72} \text{ тга}^{-1}$. Запаси грубих деревних залишків

ків перебувають у діапазоні 0,35–4,24 т·га⁻¹, а органічного Карбону – 0,17–2,07 т·га⁻¹.

Стигли та перестійні ліси характеризуються запасами підстилки від 10,61 до 16,25 т·га⁻¹, а запаси органічного Карбону коливаються в межах – 5,05^{±0,27} – 7,75^{±0,68} т·га⁻¹. Запас грубих деревних залишків коливається у межах від 3,00 до 5,73 т·га⁻¹, а $C_{орг.}$ – 1,22–2,86 т·га⁻¹ відповідно.

Середнє значення запасів органічного Карбону у підстилці на території Яблунського лісництва, яке було розраховано на підставі даних лісової таксації, становило 4 т·га⁻¹ (Shpakivska & Maryskvych, 2009). Запаси органічного Карбону у лісових екосистемах Стрийсько-Сянської Верховини (дослідження також проводили на території ДП Боринське ЛГ) в межах 4,67–9,26 т·га⁻¹ (Rozhak, 2014).

Табл. 2. Запаси органічного Карбону у мортмасі лісових екосистем Верхньовисоцького лісництва

№ п/п	Формула деревостану	Вік деревостану	Запаси підстилки, т·га ⁻¹	Запаси дебрису, т·га ⁻¹	Запаси $C_{орг.}$ у підстилці, т·га ⁻¹	Запаси $C_{орг.}$ у дебрисі, т·га ⁻¹
Молоді ліси, вік 0–40 років						
6	8Яле2Яцб	21	8,89 ^{±0,41}	0,32	4,26 ^{±0,24}	0,16
13	8Яле2Бкл	25	12,74 ^{±0,30}	0,69	6,17 ^{±0,23}	0,35
15	10Яле	35	9,81 ^{±1,17}	5,18	4,68 ^{±0,65}	2,59
16	10Яле	30	15,90 ^{±0,79}	4,49	7,81 ^{±0,47}	2,24
19	10Яле	35	8,17 ^{±0,30}	1,41	3,94 ^{±0,24}	0,71
Середньовікові ліси, вік 40–60 років						
3	8Сз2Яле	44	14,33 ^{±2,10}	1,73	6,95 ^{±0,98}	0,86
4	10Яле	50	9,42 ^{±0,90}	5,18	4,36 ^{±0,46}	2,59
8	10Яле	43	15,80 ^{±1,64}	0,62	7,67 ^{±0,84}	0,31
14	10Яле	47	10,22 ^{±0,50}	0,66	4,96 ^{±0,27}	0,33
Пристигаючі ліси, вік 60–80 років						
1	10Бкл+Яле	65	13,07 ^{±0,92}	1,45	6,27 ^{±0,60}	0,72
2	9Яцб1Яле	75	11,18 ^{±1,66}	3,35	5,32 ^{±0,72}	1,67
5	10Яле	67	17,29 ^{±1,05}	3,73	8,26 ^{±1,26}	1,86
9	8Яле2Яцб	75	13,40 ^{±2,32}	2,32	5,43 ^{±1,22}	1,16
10	10Яцб	62	16,25 ^{±3,57}	0,35	7,67 ^{±1,74}	0,17
12	10Яле+Яцб	75	18,59 ^{±3,16}	2,5	9,07 ^{±1,72}	1,25
18	6Яцб2Яле 2Бкл	55	13,09 ^{±0,41}	3,21	6,22 ^{±0,38}	1,60
21	5Яцб5Яле	50	12,8 ^{±0,61}	4,14	6,90 ^{±0,44}	2,07
22	10Яле	58	8,84 ^{±1,06}	1,38	4,29 ^{±0,62}	0,67
Стигли і перестійні ліси, вік понад 80 років						
7	8Яцб 2Яле+Сз	90	15,08 ^{±1,41}	5,73	7,09 ^{±0,82}	2,86
17	10Яцб	87	16,25 ^{±0,99}	2,45	7,75 ^{±0,68}	1,22
20	8Яцб2Яле	82	10,61 ^{±0,38}	3,00	5,05 ^{±0,27}	1,50
Зруб. Грудень 2016.						
11	–	–	0	4,93	0	2,47

За результатами наших польових досліджень встановлено, що запаси $C_{орг.}$ у Яблунському лісництві мають більшу просторову варіабельність – 2,05–11,04 т·га⁻¹ (Pyzhyk & Shpakivska, 2018). Раніше було встановлено, що запаси $C_{орг.}$ у грубих деревних залишках у лісових екосистемах Стрийсько-Сянської Верховини змінюються від 3,83 т·га⁻¹ до 23,50 т·га⁻¹ у ДП "Боринське ЛГ" (Rozhak, 2014). Середні запаси органічного Карбону у стовбуровому фітодетриті, розраховані за даними лісової таксації, у Яблунському лісництві становили 0,9 т·га⁻¹ (Shpakivska & Maryskvych, 2009). Під час польових досліджень, які ми здійснили у 2016 р., з'ясовано, що запаси $C_{орг.}$ грубих деревних залишків змінюються від 0,71 т·га⁻¹ до 8,63 т·га⁻¹ (Pyzhyk & Shpakivska, 2018).

Основними типами ґрунтів на території дослідження є бурі лісові та дерново-буроземні ґрунти. Відповідно до детальної карти ґрунтового покриву Турківського р-ну, дослідні ділянки приурочені до різних підтипів бурих лісових ґрунтів (з різним рівнем щебенюватості, змитості та потужності ґрунтового профілю з проявами різних елементарних ґрунтовірних процесів: опідзолення та оглеєння) і дерново-буроземних ґрунтів (Golubets, 2007).

Встановлено, що запаси органічного Карбону у шарі ґрунту 0,0–0,25 м коливаються від 32,00^{±1,68} т·га⁻¹ до 56,48^{±0,46} т·га⁻¹. Середні запаси $C_{орг.}$ у ґрунті на досліджуваній території становлять 46,56 т·га⁻¹.

Загалом отримані дані збігаються з результатами інших дослідників. Так, було встановлено, що у лісових екосистемах ДП Боринське ЛГ запаси $C_{орг.}$ у ґрунті змінюються від 35,23 до 43,37 т·га⁻¹ для глибини 0,0–0,20 м (Rozhak, 2014). Середні запаси $C_{орг.}$ у ґрунтах Яблунського лісництва становили 62,00 т·га⁻¹ для глибини 0,0–0,50 см (Shpakivska & Maryskvych, 2009).

Суцільні рубки можуть зумовлювати значний вплив на запаси органічного Карбону не лише в лісовій підстилці, але і в ґрунтовому профілі. Наприклад, на пробній площі № 11 Верхньовисоцького лісництва дослідні ділянки також заклали на бурих лісових глибоких ґрунтах, проте запаси органічного Карбону тут значно відрізняються від інших пробних площ, закладених на такому самому типі ґрунту (табл. 3). Така значна різниця пов'язана з тим, що на ПП № 11 після суцільної рубки було майже на всій площі зруйновано Н і частково Н_р горизонти внаслідок робіт лісозаготівельної техніки і наступного зсуву, який стався після знищення рослинного покриву.

Табл. 3. Вміст і запаси органічного Карбону у шарі ґрунту 0–0,25 м у лісових екосистемах Верхньовисоцького лісництва

№ п/п	Формула деревостану	Вік деревостану	Тип ґрунту: шифр ґрунту на карті / назва ґрунту	Ґрунтові горизонти	Глибина відбору проби, см	Вміст $C_{орг}$, %	Вміст гумусу, %	Запаси $C_{орг}$, т·га ^{-1*}
Молоді ліси, вік 0–40 років								
6	8Яле2Яцб	21	Бурі лісові неглибокі шебенюваті	Н	0–1,0	3,00	5,16	34,33 ^{±1,68}
				Нр	1,0–25,5	1,13	1,95	
13	8Яле2Бкл	25	Бурі лісові глибокі	Н	0–2,0	3,63	6,26	49,33 ^{±1,84}
				Нр	2,0–28,0	1,51	2,61	
15	10Яле	35	Бурі лісові середньоглибокі слабозмиті шебенюваті	Н	0–6,0	3,41	5,87	51,62 ^{±2,21}
				Нр	6,0–40,0	1,32	2,28	
16	10Яле	30	Бурі лісові неглибокі слабозмиті шебенюваті	Н	0–2,0	2,70	4,65	38,43 ^{±0,65}
				Нр	2,0–24,0	1,15	1,98	
19	10Яле	35	Бурі лісові середньоглибокі слабозмиті шебенюваті	Нр	0–3,0	3,42	5,90	46,46 ^{±1,49}
				Нр	3,0–24,0	1,37	2,36	
Середньовікові ліси, вік 40–60 років								
3	8Сз2Яле	44	Дерново-буроземні слабозмиті	Н	0–3,0	2,26	4,58	45,34 ^{±0,38}
				Нр	3,0–38,0	1,16	2,00	
4	10Яле	50	Бурі лісові неглибокі слабозмиті шебенюваті	Н	0–5,5	3,32	5,73	51,35 ^{±1,56}
				Нр	5,5–32,00	1,25	2,15	
8	10Яле	43	Бурі лісові опідзолені середньоглибокі шебенюваті	Н	0–5,0	2,92	5,03	35,49 ^{±1,01}
				Нр	5,0–28,0	1,06	1,83	
14	10Яле	47	Бурі лісові глибокі	Н	0–5,0	3,14	5,41	53,17 ^{±0,24}
				Нр	5,0–26,5	1,29	2,22	
Прстигаючі ліси, вік 60–80 років								
1	10Бкл+Яле	65	Бурі лісові середньоглибокі слабозмиті шебенюваті	Н	0–9	3,20	5,51	56,48 ^{±0,31}
				Нр	9–31,0	1,34	2,31	
2	9Яцб1Яле	75	Бурі лісові неглибокі шебенюваті	Н	0–7	3,22	5,55	50,52 ^{±0,99}
				Нр	7–37,0	1,33	2,29	
5	10Яле	67	Бурі лісові неглибокі слабозмиті шебенюваті	Н	0–5,0	2,98	5,14	53,03 ^{±0,91}
				Нр	5,0–19,5	1,48	2,56	
9	8Яле2Яцб	75	Бурі лісові опідзолені середньоглибокі шебенюваті	Н	0–8,0	3,55	6,12	48,01 ^{±1,33}
				Нр	8,0–31,0	1,31	2,26	
10	10Яцб	62	Бурі лісові опідзолені середньоглибокі шебенюваті	Н	0–6	3,04	5,24	46,61 ^{±3,82}
				Нр	6–27,0	1,39	2,39	
12	10Яле+Яцб	75	Дерново-буроземні	Н	0–5,5	2,90	5,00	53,45 ^{±1,66}
				Нр	5,5–32,0	1,23	2,12	
18	6Яцб2Яле2Бкл	55	Бурі лісові середньоглибокі слабозмиті шебенюваті	Н	0–5,5	3,47	5,98	43,73 ^{±0,70}
				Нр	5,5–32,00	1,39	2,39	
21	5Яцб5Яле	50	Бурі лісові середньоглибокі слабозмиті шебенюваті	Н	0–4,0	2,33	4,02	36,61 ^{±0,92}
				Нр	4,0–36,0	1,08	1,86	
22	10Яле	58	Бурі лісові середньоглибокі слабозмиті шебенюваті	Н	0–3,0	3,03	5,22	43,19 ^{±0,62}
				Нр	3,0–34,5	1,29	2,23	
Стигли і перестійні ліси, вік понад 80 років								
7	8Яцб2Яле+Сз	90	Бурі лісові середньоглибокі шебенюваті	Н	0–4,0	3,63	6,21	49,75 ^{±0,53}
				Нр	4,0–22,5	1,62	2,80	
17	10Яцб	87	Бурі лісові глибокі	Н	0–4,0	3,66	6,30	54,29 ^{±2,02}
				Нр	4,0–30,0	1,62	2,79	
20	8Яцб2Яле	82	Бурі лісові середньоглибокі слабозмиті шебенюваті	Н	0–5,0	3,35	5,78	51,19 ^{±0,67}
				Нр	5,0–37,0	1,41	2,42	
Зруб, грудень 2016								
11	–	–	Бурі лісові глибокі	Нр	0–6,0	1,94	3,34	32,00 ^{±0,17}
				Нр	6,0–39,0	0,69	1,18	

Можна вважати, що внаслідок суцільної рубки відбулася втрата в середньому 20–27 т·га⁻¹ органічного Карбону. Встановлено, що сумарний запас органічного Карбону у лісовій підстилці, грубих деревних залишках і ґрунті на досліджуваній території змінюється від 34,47 т·га⁻¹ до 63,77 т·га⁻¹ (рис. 2).

Найбільші запаси органічного Карбону зосереджені у ґрунті – 79,3–90,9 % на дослідних ділянках, вкритих лісом. Частка запасів $C_{орг}$, які припадають на лісову підстилку, становить 7,9–16,1 %, а в грубих деревних залишках міститься лише 0,3 %–4,8 % від загального запасу органічного Карбону. На зрубі частка органічного

Карбону у грубих деревних залишках істотно збільшується за рахунок порубних решток і становить 7,2 %.

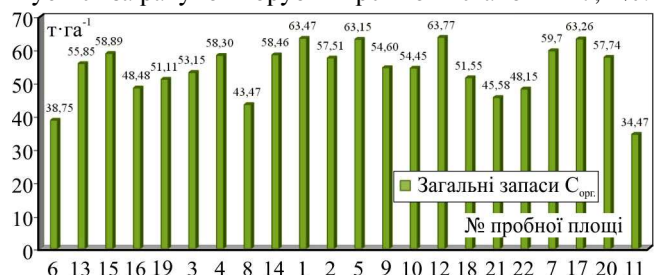


Рис. 2. Сумарний запас органічного Карбону у досліджуваних екосистемах

Порівняння результатів наших досліджень і досліджень, проведених раніше на цій території, попри значні розбіжності, засвідчує, що отримані дані – у межах просторової варіабельності та є репрезентативними для досліджуваної частини Стрийсько-Сянської Верховини. Проте, варто звернути увагу, що для території Верхньовисоцького лісництва зафіксовано досить низькі запаси $C_{орг}$ у грубих деревних залишках. Це, на нашу думку, може бути пов'язано з тим, що грубі деревні залишки використовує місцеве населення як паливо, оскільки нема обмеження природоохоронного режиму, як, наприклад у Яблунському лісництві, яке належить до регіонального ландшафтного парку "Надсянський". Збільшення запасів грубих деревних залишків у заповідних лісових екосистемах також зафіксували і польські вчені (Banaś et al., 2014).

Висновки. На території Верхньовисоцького лісництва ДП "Боринське ЛП", що розташоване в південно-західній частині Стрийсько-Сянської Верховини сумарні запаси органічного Карбону в мортмасі лісових екосистем та 0–25 см шарі ґрунту становлять 38,75–63,77 т·га⁻¹. На дослідній ділянці після проведення суцільної рубки у грудні 2016 р. зафіксовано найменші запаси органічного Карбону – 34,47 т·га⁻¹.

Запаси органічного Карбону у підстилці досліджуваних екосистем становлять 3,94^{±0,24} – 9,07^{±172} т·га⁻¹. У лісовій підстилці зосереджено 7,9–16,1 % від загального запасу органічного Карбону. Запаси $C_{орг}$ у грубих деревних залишках коливаються від 0,16 т·га⁻¹ до 2,68 т·га⁻¹ (0,3 % до 7,2 % від сумарного запасу $C_{орг}$). Запаси органічного Карбону у шарі ґрунту 0–0,25 м становлять 32,00^{±0,17} – 56,48^{±0,31} т·га⁻¹. Саме у ґрунті зосереджено найбільші запаси органічного Карбону серед усіх досліджуваних блоків – 79,27–92,83 %.

Суцільні рубки можуть істотно зменшувати запаси органічного Карбону в мортмасі. Так, на ділянці планової суцільної рубки ялинового лісу віком 50–70 років на площі 0,5 га повністю знищено лісову підстилку, верхній гумусовий і частково перехідний горизонти ґрунту. Порівнюючи цю ділянку із пробними площами, на яких є схожий рослинний покрив та тип ґрунту, встановлено, що втрати $C_{орг}$ внаслідок суцільних рубок можуть становити на цій території 20–27 т·га⁻¹.

Отримані дані актуальних запасів органічного Карбону у мортмасі і ґрунті лісових екосистем є репрезентативними для досліджуваної території і можуть бути використані для прогнозних оцінок їх змін внаслідок лісокористування на території Стрийсько-Сянської Верховини.

References

- Alekseyev, V. A., & Berdsi, R. A. (Ed.). (1994). *Carbon in ecosystems of forests and peatlands of Russia*. Krasnoyarsk: VC SO RAN. [In Russian].
- Banaś, Jan & Bujoczek, Leszek & Zięba, Stanisław & Drozd, Marek. (2014). The effects of different types of management, functions, and characteristics of stands in Polish forests on the amount of coarse woody debris. *European Journal of Forest Research*, 133, 1995–1107. <https://doi.org/10.1007/s10342-014-0825-3>.
- Bilous, A. (2014). Method of forest dead biomass research. *Bioresursy ta pryrodokorystuvannia. Silviculture*, 6(3–4), 134–145.
- Chestnykh, O. V., Lyzhin, V. A., & Koksharova, A. V. (2007). The Carbon reserves in litters of forests of Russia. *Forestry*, 6, 114–121. [In Russian].
- Forestry. (2019). State Enterprise Borin Forestry. *Vernovysotsky forestry*. Retrieved from: <https://www.borlis.com.ua/vernovysotske-lisnictvo.html>
- Golubets, A. M. (Ed.) (2007). *Conceptual principles of sustainable development of the mountain region*. Lviv: Polly. [In Ukrainian].
- Grant, M. Domke, Charles, H. Perry, Brian, F. Walters, et al. (2016). Estimating litter carbon stocks on forest land in the United States. *Science of the Total Environment*, 557–558, 469–478. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.03.090>
- Lakyda, P. I. (2002). *Phytomass of the forests of Ukraine*. Ternopil: Zbruch. [In Ukrainian].
- Matsala, M. S., & Bilous, A. M. (2017). Ukrayiny Assessment Carbon in Coarse Woody Debris of Oak Forests in Ukraine. *Scientific Bulletin of UNFU*, 27(6), 16–19. <https://doi.org/10.15421/40270602>
- Pasternak, V. P. (2011). *Bioproductivity of North-Eastern Ukrainian forests in the context of climate change*. Diss. Kyiv: National University of Life and Environmental Sciences.
- Pyzhyk, I. S., & Shpakiv'ska, I. M. (2018). Organic carbon reserves in wood debris of forest ecosystems of regional landscape paradise "Nadsyansky" (Ukrainian Carpathians). *Biology and valeology: a collection of scientific works*, 20, 35–42. Kharkiv: KhNPU. <https://doi.org/10.5281/zenodo.2543583>
- Rozhak, V. P. (2014). Pools and fluxes of carbon within forest ecosystems of Stryi-San Highland (Ukrainian Carpathians). *Biology and valeology: a collection of scientific works*, 16, 85–95. Kharkiv: KhNPU.
- Shpakiv'ska, I. M., & Maryskeyvych, O. G. (2009). Estimation the reserves of organic carbon in the forest ecosystems of Eastern Beskydy. *Forestry and forest melioration*, 115, 176–180.
- Skorodumov, A. S. (1939). *Opredelenye tolschchyny lesnoy podstylky. Lesnoe khozyaystvo: mezhvuz. sb. nauchn. tr.*, 12, 41–47. [In Russian].
- Tsunyak, A. M., Chaskov'skyy, O. H., & Korol', M. M. (2013). Landcover distribution of Stryi-Sjan sublimity on the basis of Landsat satellite images. *Scientific Bulletin of UNFU*, 23(14), 27–31. [In Ukrainian].
- Vazhenyna, Y. H. (Ed.). (1974). *Methods for the determination of trace elements in soils, plants and waters*. Moscow: Kolos. [In Russian].
- Volodymyrenko, V. M., Kotlyarev'ska, U. M., Suray, V. A., & Klochko, V. M. (2016). Mortmass of Forest Ecosystems in the Modern Eco-Resource Dimension. *Scientific Bulletin of UNFU*, 26(5), 188–195. <https://doi.org/10.15421/40260529>

I. S. Pyzhyk, I. M. Shpakiv'ska

Institute of Ecology of the Carpathians, NAS Ukraine, Lviv, Ukraine

ACTUAL STOCKS OF THE ORGANIC CARBON IN MORTMAS AND SOILS OF FORESTRY ECOSYSTEMS OF THE STRYI-SIANSKAYA VERKHOVYNA IN THE TERRITORY OF THE VERNOVYSOTSKE FORESTRY (BORIN FORESTRY ENTERPRISE)

Forest ecosystems are one of the largest regulators of the carbon cycle on the planet. They are able to absorb and accumulate a large amount of carbon in their components. The study was carried out in the territory of Stryi-Sianska Verkhovyna in the Verkhnivysotsky Forestry (Lviv Region of Turkyivsky District). Organic carbon stocks were evaluated in three large pools of forest litter, coarse wood residues and soil. Twenty two sample plots were selected on the territory of the Verkhnivysotsky Forestry. For each plot, samples of forest litter ($n = 3$) and soil ($n = 3$) were selected, and the coarse wood debris stock (CWD) was calculated as

well. Soil samples were selected from H and Hp horizons. The stock of dead wood was calculated on the area of 9 m², which was located on each sample plot. The content of organic matter in forest litter and soil was determined by the method of dry combustion and Nikitina method. To determine the organic carbon stock we used correction coefficients (for forest flooring –0.52 and 0.50 for CWD) and average value dead wood density of 345 kg m⁻³ and soil bulk density. Forest litter reserves in the studied ecosystems are 8.17-18.59 t·ha⁻¹. Stocks of coarse woody debris range from 0.32 to 5.73 t·ha⁻¹. Organic carbon stock is 34.47-63.77 t·ha⁻¹. We have investigated that organic carbon stock in soil ranges from 32.00 to 56.48 t·ha⁻¹, in forest litter – 3.74-9.07 t·ha⁻¹ and in coarse wood debris – 0.16-2.68 t·ha⁻¹. In the soil its concentration equals 79.27-92.83 % of the total organic carbon stock, in the forest litter – 7.95-16.11 % and in the CWD – 0.31-7.17 %. Sample plot number 11 is located on the area where deforestation occurred. During the period of deforestation, forest floor was fully destroyed here and H soil horizon was damaged or destroyed. In the spring, the landslide that occurred here caused even greater destruction of the H and Hp soil horizons. We have estimated that the losses of organic carbon in the area are approximately 20-27 t·ha⁻¹. In general, the data obtained are representative of the area and can be used in further studies of organic carbon stocks in the forest ecosystems of the Stryi-Sianska Verkhovyna.

Keywords: The Ukrainian Carpathians; forest litter; coarse wood debris; organic matter; greenhouse gases.