

## АКТУАЛЬНІ ЗАПАСИ ОРГАНІЧНОГО КАРБОНУ У ЛІСОВИХ ЕКОСИСТЕМАХ РЕГІОНАЛЬНОГО ЛАНДШАФТНОГО ПАРКУ «НАДСЯНСЬКИЙ» (МРБ «СХІДНІ КАРПАТИ»)¹

Пижик І. С., Шпаківська І. М.

### ВСТУП

Лісові екосистеми є найбільшими наземними резервуарами органічного карбону. Важливою їх екологічною функцією є депонування карбону атмосфери й довготривале його секвестрування у стовбуровій деревині, мертвій деревині, підстилці та гумусових сполуках ґрунту. У регіональному аспекті лісові екосистеми є важливими резервуаром нагромадження органічного вуглецю та зменшення його антропогенного надходження, вони також можуть бути одним із чинників зменшення кількості парникових газів в атмосфері. Ці процеси залежать від продуктивності лісових насаджень та їх лісівничих характеристик: породного складу, бонітету, зімкнутості, типу лісорослинних умов. Вони пов'язані з географічними розташуванням і рельєфом території, які, своєю чергою, впливають на режим надходження сонячної енергії та її розподіл, режим зволоження території. Для пулу карбону в ґрунті важливими є властивості ґрунтовірних порід, які впливають на основні фізичні і хімічні характеристики ґрунту та їх здатність до формування стійких до розкладу органо-мінеральних комплексів. Усе це впливає на секвестраційну спроможність лісових екосистем окремого регіону до нагромадження органічного карбону та зумовлює його актуальні запаси, які можуть регулюватися за рахунок запровадження природоохоронного режиму зі значним обмеженням лісогосподарських заходів<sup>2,3,4,5,6</sup>.

---

¹ Článok bol pripravený v rámci individuálneho grantového programu 09/19/SK «Hodnotenie lesných ekosystémov RLP Nadsjanský uhlíkovou metódou».

² Шпаківська І.М., Марискевич О.Г. Оцінка запасів органічного вуглецю в лісових екосистемах Східних Бескидів. *Вісник УкрНДЛП Лісівництва і Агротеліорація*. 2009. № 115. С. 176–180.

³ Бедернічек Т.Ю., Гамкало З.Г. Лабільна органічна речовина ґрунту, теорія, методологія, індикаторна роль. Київ : Кондор, 2014. 180 с.

⁴ Білоус А.М. Методика дослідження мортмаси лісів. *Біоресурси і природоохористування*. 2014. Т. 6. № 3–4. С. 134–145.

В Україні питання проблеми формування запасів органічного карбону у лісових екосистемах, його розподілу в різних пулах і особливості міграцій між різними компонентами лісових екосистем активно вивчаються й описані у працях таких учених, як: М. Голубець,<sup>7</sup> Ю. Чорнобай<sup>8</sup>, П. Лакида<sup>9</sup>, А. Білоус<sup>10</sup>, В. Пастернак<sup>11</sup>, І. Шпаківська і О. Марискевич<sup>12</sup>, В. Рожак<sup>13</sup>, Т. Бедернічек, З. Гамкало<sup>14</sup> та ін.

З огляду на це, метою досліджень була оцінка актуальних запасів органічного карбону в лісових екосистемах Стрийсько-Сянської Верховини (Українські Карпати), а саме у ґрунті, лісовій підстилці і грубих деревних залишках (CWD) на території регіонального ландшафтного парку «Надсянський» (РЛП «Надсянський») як результату едафо-кліматичних особливостей території, наслідків попередньої лісгосподарської діяльності та результатів запровадження природоохоронного режиму в 1997 р. Отримані дані будуть використані для наповнення бази даних просторового розподілу органічного карбону на території лісових екосистем Стрийсько-Сянської Верховини.

### 1. Територія та методи досліджень

РЛП «Надсянський» розташований на території фізико-географічного району Стрийсько-Сянської Верховини (Українські Карпати) та займає площу 19 428 га, ліси та лісовкриті землі становлять

---

<sup>5</sup> Чорнобай Ю.М. Трансформація рослинного детриту в природних екосистемах. Львів : ДПМ НАН України. 2000. 352 с.

<sup>6</sup> Lal R., Kimble J. and Follet R.F. Pedospheric processes and the Carbon. *Cycle. Soil processes and carbon cycle* / edited by R. Lal et al. 1997. CRC Press LLC. P. 1–8.

<sup>7</sup> Особенности деструкционных процессов в лесных экосистемах Карпатского региона / М.А. Голубец и др. *Механизмы биотической деструкции органических веществ в почве* : чтения памяти акад. В.Н. Сукачева. Москва. 1989. Вып. VII. С. 62–86.

<sup>8</sup> Чорнобай Ю.М. Трансформація рослинного детриту в природних екосистемах. Львів : ДПМ НАН України. 2000. 352 с.

<sup>9</sup> Лакида П.І. Фітомаса лісів України : монографія. Тернопіль : Збруч, 2002. 256 с.

<sup>10</sup> Білоус А.М. Методика дослідження мортмаси лісів. *Біоресурси і природокоористування*. 2014. Т. 6. № 3–4. С. 134–145.

<sup>11</sup> Пастернак В.П. Біопродуктивність лісів північного сходу України в контексті змін клімату : автореф. дис. ... докт. с.-г. наук : 06.03.02., 06.03.03. Київ, 2011. 41 с.

<sup>12</sup> Шпаківська, І.М., Марискевич О.Г. Оцінка запасів органічного вуглецю в лісових екосистемах Східних Бескидів. *Вісник УкрНДЛГ. Лісівництво і Агроекологія*. 2009. № 115. С. 176–180.

<sup>13</sup> Рожак В.П. Пули і потоки вуглецю в лісових екосистемах Стрийсько-Сянської Верховини (Українські Карпати). *Біологія та валеологія*. 2014. № 16. С. 85–95.

<sup>14</sup> Бедернічек Т.Ю., Гамкало З.Г. Лабільна органічна речовина ґрунту, теорія, методологія, індикаторна роль. Київ : Кондор, 2014. 180 с.

51,6% території парку. Парк створено з метою збереження корінних ялицево-ялинових насаджень та природних ландшафтних комплексів.

За геоботанічним районуванням України територія РЛП «Надсянський» розташована у Турківсько-Старосамбірському геоботанічному районі для якого характерними є букові, ялицево-букові та букова-ялицеві ліси. РЛП «Надсянський» є частиною Міжнародного польсько-словацько-українського біосферного резервату «Східні Карпати» та створений із метою забезпечення екологічного балансу верхів'я ріки Сян, яке розташоване в межах України та Польщі. Структура лісового покриву парку та депонований у ній органічний карбон є важливою основою формування гідрологічного режиму, водності верхів'я р. Сян та верхового болота Мохначка, розташованого в урочищі «Мішок», тому важливо було оцінити інтенсивність збільшення його запасів за рахунок запровадження природоохоронного режиму та обмеження лісоторування<sup>15</sup>.



Рис. 1. Локалізація території дослідження – РЛП «Надсянський»<sup>16</sup>

<sup>15</sup> Данилюк К.М. Флора судинних рослин Регіонального ландшафтного парку «Надсянський»: монографія. Київ: Наукова думка, 2012. 119 с.

<sup>16</sup> Офіційна сторінка Департаменту екології та природних ресурсів Львівської ОДА. URL: <https://deplv.gov.ua/biosferni-rezervaty> (дата звернення: 09.12.2020).

Яблунське лісництво площею 2 498 га в структурі лісових земель РЛП «Надсянський» займає понад 30%<sup>17</sup>. Загалом за породним складом переважають ліси з участю ялини європейської з усередненим складом деревостану 7Яле2Яцб1Бкл. Розподіл лісових площ за панівними породами свідчить, що ліси з переважанням ялини європейської займають 58,83%, ялиці білої – 33,03%, бука лісового – 6,12%, а сосни звичайної – 1,17%. Незначні площі займають ліси з переважанням насаджень інтродуцентів: модрина – 0,03% та дуба червоного – 0,02%, а також природні ліси перезволожених ділянок із переважанням м'яколистяних порід: вільхи сірої – 0,72% та верби козячої – 0,07%. Аналіз деревостанів за віковою структурою засвідчив, що середньовікові ліси займають 52,7% лісових земель, тоді як молодняки – 36,3%, пристигаючі – 6,3%, а стиглі та перестійні – 4,9% (у т. ч. перестійні – лише 0,26%). Середній запас стовбурової деревини земель, укритих лісовою рослинністю, становить 250 м<sup>3</sup> га, а стиглих та перестійних насаджень – 355 м<sup>3</sup> га, середній вік деревостанів – 49 років, а повнота – 0,70.<sup>18</sup> Такі таксаційні показники свідчать про тривале лісокористування на цій території, яке супроводжувалося інтродукцією високопродуктивних та важливих для лісового господарства порід, зокрема таких, як модрина та дуб червоний, а також формуванням штучних деревостанів з ялини європейської, що, своєю чергою, зумовило сучасний розподіл вікової структури з істотним переважанням середньовікових насаджень.

З огляду на сучасну структуру лісового покриву Яблунського лісництва, було здійснено групування лісових екосистем за класами віку: молодняки (вік до 40 років), середньовікові (40–60 років), пристигаючі (60–80 років) і стиглі та перестійні (понад 80 років), у яких проводилося відбір зразків ґрунту, встановлення запасів підстилки, облік грубих залишків.

Відбір зразків відбувався з 25 пробних площ, які були підібрані з урахуванням просторової неоднорідності мезорельєфу та розташовані на різній висоті над рівнем моря, схилах різної крутизни та експозиції з лісовими екосистемами різного вікового і породного складу (табл. 1, рис. 2).

---

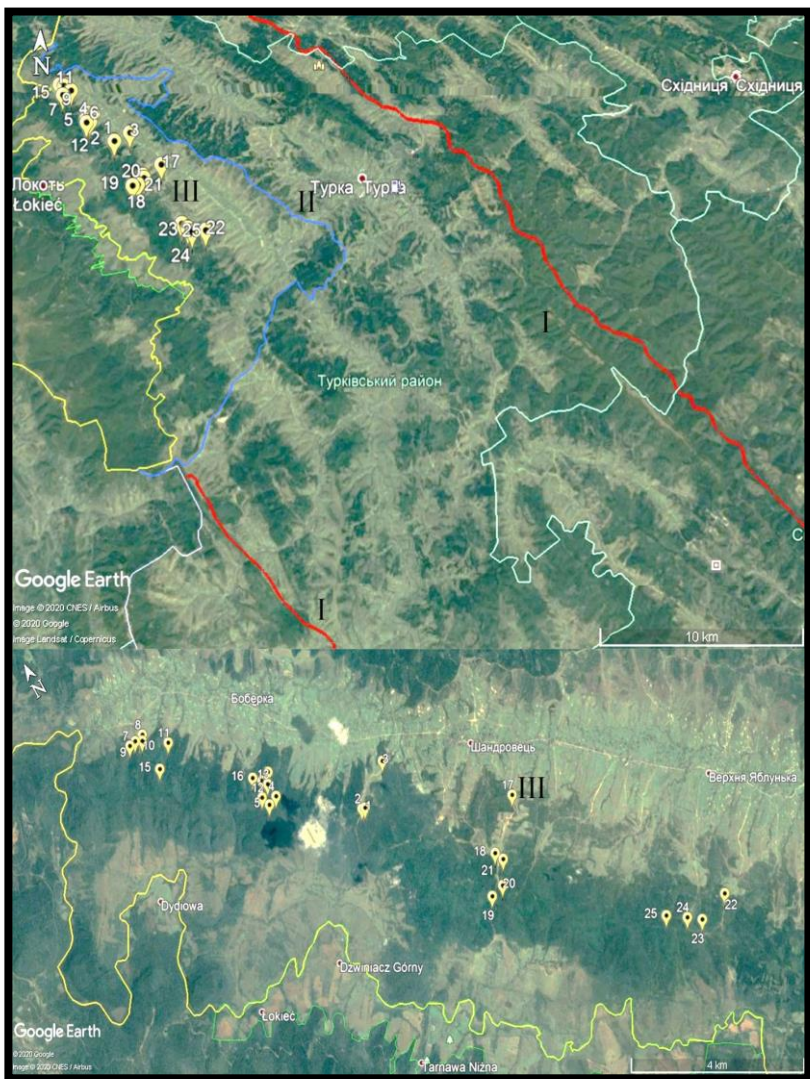
<sup>17</sup> Данилюк. К.М. Флора судинних рослин Регіонального ландшафтного парку «Надсянський»: монографія. Київ: Наукова думка, 2012. 119 с.

<sup>18</sup> Проведення спеціальних заходів, спрямованих на запобігання, знищення чи пошкодження природних комплексів територій та об'єктів природо-заповідного фонду РЛП «Надсянський»: Звіт (заключний) про виконання робіт у рамках реалізації природоохоронного заходу / кер. О.Г. Марискевич. ІЕК НАН України, 2013. 75 с.

Таблиця 1

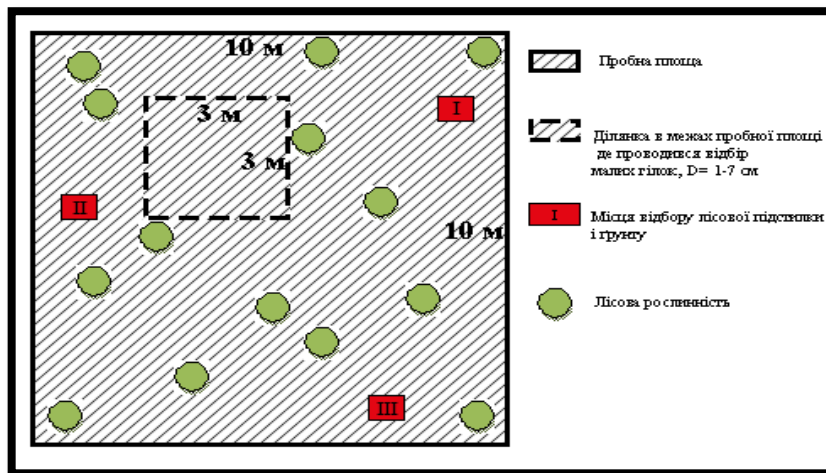
## Коротка характеристика та локалізація пробних площ

№ пробної площі	Квартал/видля	Формула деревостану/повнота	Вік деревостану/розовь	Координати	Експозиція, крутизна схилу, висота н.р.м.
1	11/5	10Яв/0,6	40	49°10'8,20"Пн. ш. 22°48'49,60"Сх. д.	південно-західна, 3-7°, 704 м.
2	11/5	8Ялє2Ялє/0,7	46	49°10'8,90"Пн. ш. 22°48'46,20"Сх. д.	південно-західна, 3-7°, 713 м
3	11/3	10Ялє/0,8	43	49°10'27,81"Пн. ш. 22°49'32,10"Сх. д.	південно-східна, 3-7°, 696 м.
4	6/6	8Ялє1Ялє0,6	70	49°10'48,20"Пн. ш. 22°47'27,70"Сх. д.	північно-західна, 10-15°, 820 м.
5	7/12	9Ялє1Ялє/0,7	70	49°10'48,20"Пн. ш. 22°47'16,60"Сх. д.	північно-східна, 5-10°, 801 м.
6	5/9	9Ялє1Бк/0,6	82	49°11'15,20"Пн. д. 22°47'21,80"Сх. ш.	північна, 0-1°, 753 м.
7	1/27	8Ялє2Бк/0,5	103	49°12'20,30"Пн. ш. 22°45'27,43"Сх. д.	північно-західна, 12-17°, 659 м.
8	2/3	9Ялє1Бк/0,6	27	49°12'20,30"Пн. ш. 22°45'45,69"Сх. д.	північна, 3-7°, 639 м.
9	1/25	10Ялє/0,9	30	49°12'20,87"Пн. ш. 22°45'33,17"Сх. д.	північна, 2-5°, 661 м.
10	2/27	7Ялє3Бк+1Ялє/0,8	30	49°12'18,18"Пн. ш. 22°45'42,45"Сх. д.	північно-східна, 11°, 648 м.
11	3/1	10Ялє/0,6	27	49°12'6,29"Пн. ш. 22°46'77,09"Сх. д.	північно-західна, 15-20°, 648 м.
12	7/5	9Ялє1Бк/0,9	40	49°12'17,14"Пн. ш. 22°47'13,14"Сх. д.	північно-східна, 2°, 786 м.
13	5/15	5Ялє4Ялє 1Бк+1Ялє/0,9	45	49°11'0,88"Пн. ш. 22°47'25,55"Сх. д.	південно-західна, 4-8°, 793 м.
14	5/4	6Ялє3М1Бк/0,7	34	49°11'18,00"Пн. ш. 22°47'32,10"Сх. д.	північно-західна, 12-15°, 720 м.
15	3/12	8Бк1Ялє1Ялє/0,7	73	49°11'53,59"Пн. ш. 22°43'46,25"Сх. д.	північна, 5-10°, 754 м.
16	4/16	6Ялє4Бк/0,8	41	49°11'19,60"Пн. ш. 22°47'13,90"Сх. д.	східна, 3-5°, 726 м.
17	14/25	10Ялє/0,7	23	49°9'15,47"Пн. ш. 22°51'22,13"Сх. д.	північна, 0-1°, 748 м.
18	16/15	8Ялє2Ялє/0,8	51	49°8'49,95"Пн. ш. 22°50'33,18"Сх. д.	західна, 15- 20°, 795 м.
19	16/14	5Ялє5 Ялє/0,7	28	49°8'27,27"Пн. ш. 22°50'77,34"Сх. д.	південно-західна, 5-7°, 773 м.
20	18/2	10Ялє/0,5	20	49°8'59,19"Пн. ш. 22°49'49,90"Пн. д.	падіння, 1-3°, 830 м.
21	17/26	6Ялє4Ялє/0,5	15	49°8'49,90"Пн. ш. 22°50'44,63"Сх. д.	північно-східна, 10-20°, 776 м.
22	24/15	10Ялє+Ялє	30	49°8'655,00"Пн. ш. 22°53'57,10"Сх. д.	північно-східна, 5-8°, 752 м.
23	20/9	10Ялє0+Ялє	45	49°8'650,50"Пн. ш. 22°55'19,40"Сх. д.	північно-східна, 5-10°, 852 м.
24	20/9	8Ялє02Ялє	23	49°8'657,70"Пн. ш. 22°56'10,00"Сх. д.	північно-західна, 5-10°, 850 м.
25	22/17	7Ялє03Ялє	43	49°8'777,00"Пн. ш. 22°52'46,50"Сх. д.	південно-східна, 10-15°, 849 м.



**Рис. 2. Локалізація пробних на території РЛП «Надсянський» (I – межі Стрийсько-Сянської Верховини; II – межі РЛП «Надсянський»; III – розташування і номер пробної площі)**

Розмір пробних площ становив  $100 \text{ м}^2$  ( $10 \times 10 \text{ м}$ ). Розмір пробних площ був підібраний на основі опрацьованих літературних джерел, а також з урахуванням поставлених завдань<sup>19,20,21,22,23</sup>. У межах цих площ проводився відбір лісової підстилки ( $n=3$ ) і ґрунту ( $n=3$ ) і проводився облік грубих деревних залишків (рис. 3).



**Рис. 3. Умовна схема пробної площі для відбору ґрунту і лісової підстилки й обліку грубих деревних залишків**

<sup>19</sup> Білоус А. М. Методика дослідження мортмаси лісів. *Біоресурси і природо-користування*. 2014. Т. 6. № 3–4. С. 134–145

<sup>20</sup> Рожак В.П. Особливості формування запасів мертвої деревини в лісових екосистемах Стрийсько-Сянської Верховини (Українські Карпати). *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Біологія*. 2014. Вип. 2(59). С. 18–24..

<sup>21</sup> Morrissey R.C., Jenkins M.A., Saunders M.R. Accumulation and Connectivity of Coarse Woody Debris in Partial Harvest and Unmanaged Relict Forests. *PLoS ONE*. 2014. № 9(11). DOI:10.1371/journal.pone.0113323. URL: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0113323#references> (дата звернення: 28.09.2020).

<sup>22</sup> Wirth I.C., Czimeczik C.I., Schulze E.-D. Beyond annual budgets: carbon flux at different temporal scales in fire-prone Siberian Scots pine forests. *Tellus B*. 2002. № 54 B. P. 611–630. DOI:10.1034/j.1600-0889.2002.01343.x.

<sup>23</sup> Xin-Xiao Yu, Li-Hua Chen, Jian-Zhi Niu and Yu-Tao Zhao Hydrological effects of coarse woody debris (CWD) in the sub-alpine dark coniferous ecosystem of the upper reaches of the Yangtze river. *World Forestry Congress XII*. 2009. URL: <http://www.fao.org/3/XII/0874-B1.htm> (дата звернення: 20.06.2020).

Відбір лісової підстилки проведено за допомогою рамки зі сторонами 25×25 см за методом Скородумова<sup>24</sup>. Загалом було відібрано 75 зразків лісової підстилки.

Визначення мінеральної частини у підстилці було проведено методом сухого озолення у муфельній печі за температури 450–500°C упродовж 5–8 годин<sup>25</sup>.

До грубих деревних залишків зараховували гілки діаметром більше 1 см, сухі стоячі дерева висотою більше 1,3 м та пні висота яких менше 1,3 м. Облік мертвої деревини  $\varnothing > 7$  см проводився у межах всієї пробної площі, а на ділянках 3×3 м проведено облік грубих деревних залишків  $\varnothing$  1-7 см (рис. 3)<sup>26,27</sup>.

Для визначення об'єму мертвої деревини використовували формулу зрізаного конуса, яка дає досить репрезентативні результати за відносної простоти розрахунків<sup>28,29,30</sup>.

Для обрахунку запасів  $C_{\text{орг}}$  було використано середню щільність мертвої деревини для цієї території, а саме 345 кг·м<sup>-3</sup><sup>31</sup>.

---

<sup>24</sup> Скородумов А.С. Определение толщины лесной подстилки. *Лесное хозяйство*. 1939. № 12. С. 41–47.

<sup>25</sup> Методы определения микроэлементов в почвах, растениях и водах / под ред. И.Г. Важенина. Москва : Колос, 1974. С. 7–25.

<sup>26</sup> Білоус А.М. Методика дослідження мортмаси лісів. *Біоресурси і природокористування*. 2014. Т. 6. № 3–4. С. 134–145

<sup>27</sup> Harmon, M.E., Sexton J. Guidelines for Measurements of Woody Detritus in Forest Ecosystems. *U.S. LTER*. 1996. Publication No. 20. Network Office : University of Washington, Seattle, WA, USA. 73 p.

<sup>28</sup> Горошко М.П., Портах С.В. Об'ємна структура стовбурів Ялиці Білої у модальних лісових насадженнях Українських Карпат: порівняльний аналіз. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*. 2014. № 12. С. 120–125.

<sup>29</sup> Morrissey R.C., Jenkins M.A., Saunders M.R. Accumulation and Connectivity of Coarse Woody Debris in Partial Harvest and Unmanaged Relict Forests. *PLoS ONE*. 2014. № 9(11). DOI:10.1371/journal.pone.0113323. URL: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0113323#references> (дата звернення: 28.09.2020).

<sup>30</sup> Quantifying carbon stores and decomposition in dead wood / *Forest Ecology and Management*. 2015. № 350. P. 107–128. URL: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.04.033>.

<sup>31</sup> Пижик І.С., Шпаківська І.М. Запаси органічного вуглецю у мортмасі лісових екосистем регіонального ландшафтного парку «Надсянський» (Українські Карпати). *Біологія та валеологія*. 2018. № 20. С. 35–42. URL: <http://doi.org/10.5281/zenodo.2543583>.



Для перерахунку вмісту органічного карбону використовували коефіцієнт 0,52 для лісової підстилки і 0,50 для грубих деревних залишків<sup>32,33,34</sup>.

На кожній пробній площі також відбиралися у трьохкратній повторності зразки ґрунту з горизонту **H** (гумусового) і горизонту **Hp** (перехідного). Загалом було відібрано 150 зразків ґрунту.

Для визначення вмісту  $C_{\text{орг}}$  у ґрунті було застосовували метод біхроматного окислення органічної речовини методом Нікітіна<sup>35</sup>.

Використовуючи програму GoogleEarthPro і карту ґрунтів Турківського району та координати дослідних ділянок, отриманих під час польових досліджень, було визначено типи ґрунтів, на яких розташовано пробні площі. Для розрахунку запасів органічного карбону були використані дані про значення щільності будови ґрунтових горизонтів попередніх ґрунтових обстежень цієї території в межах Турківського району<sup>36</sup>.

## 2. Запаси органічного карбону у лісовій підстилці і грубих деревних залишках

Лісова підстилка є надґрунтовим утворенням, що формується під пологом лісу з опадів органічних решток надземних ярусів деревостану: опалого листя, хвої, гілок, кори, шишок, насіння тощо й є складовою частиною мортмаси. Грубі деревні залишки – це відмерлі частини деревної рослинності діаметром >1 см і різного ступеня розкладу. До них також відносять сухостій і пні. Утворюються внаслідок природного відмирання частин або цілого дерева чи великих чагарників, а також унаслідок пошкоджень деревної рослинності шкідниками, стихійними природними явищами і людської діяльності.

Процес накопичення та розкладання підстилки і CWD залежить від породного складу, віку, форми деревостану, зімкнутості пологів, водного режиму ґрунту живого надґрунтового покриву лісової екосистеми, а також форм рельєфу, висоти над рівнем моря,

---

<sup>32</sup> Углерод в экосистемах лесов и болот России / под ред. В.А. Алексеева, Р.А. Бердси. Красноярск : ВК СО РАН. 1994. 224 с.

<sup>33</sup> Определение запасов углерода насаждений на пробных площадях: сравнение аллометрического и конверсионно-объемного методов / А.И. Уткин и др. *Лесоведение*. 1997. № 5. С. 51–66.

<sup>34</sup> Честных О.В., Лыжин В.А., Кокшарова А.В. Запасы углерода в подстилках лесов России. *Лесоведение*. 2007. № 6. С. 114–121.

<sup>35</sup> Никитин Б.А. Уточнение к методике определения гумуса в почве. *Агрохимия*. 1983. № 8. С. 18–26.

<sup>36</sup> Концептуальні принципи сталого розвитку гірського регіону / М.А. Голубець та ін. ; за ред. М.А. Голубця. Львів : Поллі, 2007. 288 с.

температурного режиму. Значний вплив на накопичення й особливості протікання процесу розкладу даних компонентів мортмаси має людина у процесі своєї діяльності.

Зважаючи на те, що в середньому «термін життя» лісової підстилки становить 4–5 років<sup>37</sup>, у ній відбувається найбільш інтенсивне перенесення накопиченого в процесі росту рослинами органічного карбону у ґрунт.

Час розкладу грубих деревних залишків значно довший, аніж лісової підстилки. CWD можуть зберігати накопичений органічний вуглець десятки і навіть сотні років<sup>38</sup> залежно від породи деревини, кліматичних умов, діяльності організмів деструкторів і діяльності людини.

Зважаючи на значну просторову неоднорідність і відсутність єдиної класифікації і методів дослідження, вплив CWD на глобальний цикл вуглецю менш вивчено<sup>39,40,41,42,43</sup>.

Запас лісової підстилки в лісових екосистемах досліджуваної території – 4,42–26,35 т·га<sup>-1</sup>, а органічного карбону – 2,40–11,04 т·га<sup>-1</sup> (табл. 2).

З'ясовано, що запаси підстилки у молодниках становлять 5,29±0,14–21,85±1,29 т·га<sup>-1</sup>, у середньовікових деревостанах – 4,42±0,22–18,52±0,84 т·га<sup>-1</sup>, тоді як у пристигаючих – 5,95±0,29–21,76±0,74 т·га<sup>-1</sup>. У перестійних лісах запаси підстилки є найбільшими та коливаються від 14,92±0,15 до 26,35±0,44 т·га<sup>-1</sup> відповідно (табл. 2). Запаси C<sub>орг.</sub> у молодниках коливаються від 2,27±0,17 до 9,97±0,48 т·га<sup>-1</sup>,

---

<sup>37</sup> Особенности деструкционных процессов в лесных экосистемах Карпатского региона / М.А. Голубец и др. *Механизмы биотической деструкции органических веществ в почве* : чтения памяти акад. В.Н. Сукачева. Москва. 1989. Вып. VII. С. 62–86.

<sup>38</sup> Dudley N., Vallauri E., Vallauri D. Мертва деревина – живі ліси. *WWF Report*. 2004. 16 с.

<sup>39</sup> Harmon M.E., Sexton J. Guidelines for Measurements of Woody Detritus in Forest Ecosystems. *U.S. LTER*. 1996. Publication No. 20. Network Office : University of Washington, Seattle, WA, USA. 73 p.

<sup>40</sup> Білоус А.М. Методика дослідження мортмаси лісів. *Биоресурси і природокористування*. 2014. Т. 6. № 3–4. С. 134–145.

<sup>41</sup> Deadwood in Forest Ecosystem / K. Merganičová et al. *Forest Ecosystems More than Just Trees* / red. Dr Juan A. Blanco. 2012. P. 81–108.

<sup>42</sup> Morrissey R.C., Jenkins M.A., Saunders M.R. Accumulation and Connectivity of Coarse Woody Debris in Partial Harvest and Unmanaged Relict Forests. *PLoS ONE*. 2014. № 9(11). DOI:10.1371/journal.pone.0113323. URL: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0113323#references> (дата звернення: 28.09.2020).

<sup>43</sup> Stevens Victoria. The ecological role of coarse woody debris: an overview of the ecological importance of CWD in B.C. forests. 1997. Res. Br., B.C. Min. For., Victoria, B.C. Work. Pap. 26 p.

у середньовікових лісах – від  $2,05 \pm 0,14$  до  $8,89 \pm 0,35 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$ , у пристигаючих – від  $2,63 \pm 0,1,5$  до  $10,53 \pm 0,56 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$ , а в перестійних деревостанах – від  $6,35 \pm 0,43$  до  $11,04 \pm 0,38 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$  (табл. 2).

Запас грубих деревних залишків у досліджуваних екосистемах змінюється від 1,41 до 18,98  $\text{т} \cdot \text{га}^{-1}$ , а запас  $C_{\text{орг}}$  – від 0,71 до 9,46  $\text{т} \cdot \text{га}^{-1}$ .

Таблиця 2

**Запаси лісової підстилки і грубих деревних залишків та органічного карбону у лісових екосистемах РЛП «Надсянський»**

№	Склад д-ну	Вік лісу	Запаси підстилки $\text{т} \cdot \text{га}^{-1}$	Запаси ГДЗ $\text{т} \cdot \text{га}^{-1}$	Запаси $C_{\text{орг}}$ у підстилці $\text{т} \cdot \text{га}^{-1}$	Запаси $C_{\text{орг}}$ грубих деревних залишків $\text{т} \cdot \text{га}^{-1}$
Молоді ліси, вік – 0–40 років						
8	9Яле1Бк	27	$6,28 \pm 0,33$	10,35	$2,88 \pm 0,16$	5,18
9	10Яц	30	$18,09 \pm 1,08$	1,41	$8,12 \pm 0,55$	0,71
10	7Яц3Бк+1Яв	30	$17,14 \pm 0,72$	6,90	$7,51 \pm 0,29$	3,45
11	10Яц	27	$5,29 \pm 0,14$	2,93	$2,27 \pm 0,17$	1,47
14	6Яц3Яле1Бк	34	$13,17 \pm 1,76$	3,45	$5,96 \pm 0,39$	1,73
17	10Яц	23	$17,48 \pm 1,04$	1,73	$7,62 \pm 0,52$	0,86
19	5Яц5Яле	28	$16,75 \pm 1,06$	6,21	$7,46 \pm 0,38$	3,11
20	10Яц	20	$21,85 \pm 1,29$	1,73	$9,97 \pm 0,48$	0,86
21	6Яц4Яле	15	$13,08 \pm 1,08$	3,45	$5,80 \pm 0,39$	1,73
22	10Яцб+Яле	30	$14,24 \pm 2,26$	10,70	$6,45 \pm 1,12$	5,35
24	8Яцб2Яле	23	$15,79 \pm 0,9$	7,79	$7,20 \pm 0,45$	3,80
Середньовікові ліси, вік – 40–60 років						
1	10Яле	40	$4,42 \pm 0,22$	3,55	$2,05 \pm 0,14$	1,78
2	8Яле2Яц	46	$7,56 \pm 0,28$	5,31	$3,59 \pm 0,16$	2,66
3	10Яц	43	$15,21 \pm 0,81$	1,73	$7,01 \pm 0,60$	0,86
12	9Яле 1Бк	40	$18,17 \pm 1,46$	12,32	$8,10 \pm 0,68$	6,16
13	5Яц4Яле 1Бк+Яв	45	$11,75 \pm 1,29$	7,59	$5,33 \pm 0,60$	3,80
16	6Яц4Бк	41	$18,52 \pm 0,84$	5,18	$8,89 \pm 0,35$	2,59
18	8Яц2Яле	51	$13,16 \pm 0,72$	17,25	$5,90 \pm 0,28$	8,63
24	10Яцб+Яле	45	$15,15 \pm 1,14$	15,90	$6,93 \pm 0,44$	7,95
25	7Яцб3Яле	43	$14,16 \pm 0,85$	18,98	$6,27 \pm 0,38$	9,46
Пристигаючі ліси, вік – 60–80 років,						
4	8Яц1Ял1Бк	70	$21,76 \pm 0,74$	3,59	$10,53 \pm 0,56$	1,79
5	9Яц1Яле	70	$5,95 \pm 0,29$	3,45	$2,63 \pm 0,15$	1,73
15	8Бк1Яц1Яцк	73	$11,35 \pm 0,87$	2,07	$5,02 \pm 0,40$	1,04
Стиглі і перестійні ліси, вік – понад 80 років						
6	9Яц1Бк	82	$14,92 \pm 0,15$	6,76	$6,35 \pm 0,43$	3,38
7	8Яц2Бк	103	$26,35 \pm 0,44$	6,93	$11,04 \pm 0,38$	3,47

У молодих лісах запаси грубих деревних залишків становлять  $1,41$ – $10,70 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$ , а органічного карбону –  $0,71$ – $5,35 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$ . У середньовікових

деревостанах накопичено 1,73–18,98 т·га<sup>-1</sup> грубих деревних залишків і відповідно 0,86–9,46 т·га<sup>-1</sup> С<sub>орг.</sub>.

У стиглих і перестійних деревостанах цей показник коливається в межах 6,76–6,93 т·га<sup>-1</sup> для грубих деревних залишків, а 3,38–3,47 т·га<sup>-1</sup> – для органічного уарбону в цьому компоненті мортмаси (табл. 2).

В. Рожак у своїх дослідженнях виявив, що запаси органічного карбону на території Боринського лісництва (Стрийсько-Сянська Верховина) становлять 4,67–9,26 т·га<sup>-1</sup> у лісовій підстилці та 3,83–23,50 т·га<sup>-1</sup> – у CWD<sup>44</sup>. У Верньовисоцькому лісництві (Стрийсько-Сянська Верховина) запас органічного карбону у лісовій підстилці і грубих деревних залишках становить відповідно 3,94±0,24–9,07±1,72 т·га<sup>-1</sup> і 0,16–2,86 т·га<sup>-1</sup><sup>45</sup>. О. Марисевич та І. Шпаківська, використовуючи таксаційні дані і регресійні рівняння, встановили, що середні запаси органічного карбону у лісовій підстилці на території Яблунського лісництва становлять 4 т·га<sup>-1</sup>, а у стовбуровому фітодетриті – 0,9 т·га<sup>-1</sup><sup>46</sup>. Запаси органічного карбону у CWD у лісах на території гірського масиву Баб'я Гора ( Західні Beskidi) становлять 1,6–64,4 т·га<sup>-1</sup><sup>47</sup>.

Порівнюючи отримані нами результати з результатами попередніх досліджень, можна сказати що, запаси органічного карбону в підстилках і грубих деревних залишках у лісах різного породного та вікового складу на території Яблунського лісництва РЛП «Надсянський» є типовими для території Стрийського-Сянської Верховини і відображають закономірності накопичення органічного карбону у лісовій підстилці і CWD.

### 3. Запаси органічного карбону у ґрунті

Загальні запаси органічного карбону у ґрунтах світу становлять 1 555 Пг (шар ґрунту глибиною 0–1 м), що у 2,1 рази більше за запаси вуглецю в атмосфері і у 2,7 разів більше, ніж запаси в усіх зелених

---

<sup>44</sup> Рожак В.П. Пули і потоки вуглецю в лісових екосистемах Стрийсько-Сянської Верховини (Українські Карпати). *Біологія та валеологія*. 2014. № 16. С. 85–95.

<sup>45</sup> Пижик І.С., Шпаківська І.М. Актуальні запаси органічного карбону в мортмасі та ґрунті лісових екосистем Стрийсько-Сянської верховини на території Верньовисоцького лісництва (ДП «Боринський лісгосп»). *Науковий вісник НЛТУ України*. 2019. Т. 29. № 9. С. 15–21. URL: <https://doi.org/10.36930/40290902>.

<sup>46</sup> Шпаківська І.М., Марисевич О.Г. Оцінка запасів органічного вуглецю в лісових екосистемах Східних Beskidi. *Вісник УкрНДІЛГ. Лісівництво і Агроекологія*. 2009. № 115. С. 176–180.

<sup>47</sup> Deadwood in Forest Ecosystem / K. Merganičová et al. *Forest Ecosystems More than Just Trees* / red. Dr Juan A. Blanco. 2012. P. 81–108.

рослинах планети. Це робить ґрунт найбільшим наземним пулом органічного карбону на планеті<sup>48</sup>.

Важливою особливістю  $C_{\text{орг}}$  у ґрунті є високий MRT (mean residence time, life time) – середній час перебування або «життя» (у ґрунті) хімічної сполуки чи фракції. Різні автори подають різний час перебування органічного карбону у ґрунті – від декількох днів до двох років для активних фракцій, до 100 і 1 000 років – у стабільних фракціях<sup>49, 50, 51</sup>.

Оцінка запасів органічного вуглецю ґрунту та інтенсивності його мінералізації (продукування  $\text{CO}_2$ ) є важливим інструментом для розуміння ролі ґрунтів у глобальному циклі вуглецю оцінки можливої відповіді біосфери на різні глобальні кліматичні зміни<sup>52</sup>.

Основним ґрунтоутворюючим процесом в Українських Карпатах є буроземно-кислий. Він проходить в умовах вологого клімату під деревною рослинністю на добре дернованих і багатих первинними мінералами породах – елювії і делювії карпатського флішу, метаморфічних і магматичних породах. Територія дослідження розташована майже цілком у межах середнього ґрунтово-геохімічного поясу (у межах висот 500–800 м н. р. м.) лісолучної зони Передкарпаття. Цей пояс характеризується значною інтенсивністю біогеохімічної міграції, яка пов'язана зі значною кількістю опадів<sup>53</sup>.

Основними типами ґрунтів на території дослідження є бурі лісові ґрунти, дерново-буроземні і лучно-буроземні.<sup>54</sup>

Запаси органічного карбону у шарі ґрунту 0–0,25 м змінюються від  $33,24 \pm 1,88 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$  у бурих лісових середньоглибоких щепенуватих ґрунтах до  $63,93 \pm 1,74 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$  у бурих лісових опідзолених середньоглибоких глеуватих щепенуватих ґрунтах (табл. 3).

---

<sup>48</sup> Lal R., Kimble J., and Follet R.F. Pedospheric processes and the Carbon Cycle. *Soil processes and carbon cycle* / ed. by R. Lal et al. 1997. CRC Press LLC. P. 1–8.

<sup>49</sup> Бедернічек Т.Ю., Гамкало З.Г. Лабільна органічна речовина ґрунту: теорія, методологія, індикаторна роль. Київ : Кондор, 2014. 180 с.

<sup>50</sup> Soil organic carbon: the hidden potential / C. Lefèvre et al. Rome : Food and Agriculture Organization of the United Nations FAO. 2017. 77 p.

<sup>51</sup> Does the acid-hydrolysis incubation method measure meaningful soil organic carbon pools? / E.A. Paul et al. *Soil Science Society of America Journal*. 2006. Vol 70. P. 1023–1035.

<sup>52</sup> 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.

<sup>53</sup> Андрущенко Г.О. Ґрунти західних областей УРСР. Ч. 2. Львів ; Дубляни : Львівський сільськогосподарський інституту 1970. 183 с.

<sup>54</sup> Данилюк К.М. Флора судинних рослин Регіонального ландшафтного парку «Надсянський» : монографія. Київ : Наукова думка, 2012. С. 119.

Таблиця 3

Актуальні запаси органічного карбону у ґрунтах лісових екосистем на території Яблунського лісництва (РЛП «Наденський»)

№	Склад д-ну	Вік лісу	Тип ґрунту	Грунтові горизонти	Глибина відбору проб	Вміст С <sub>орг.</sub>	Вміст гумусу	Запаси С <sub>орг.</sub>	
								7	8
1	2	3	4	5	6	7	8	9	9
Молоді ліси, вік – 0–40 років									
8	9Яле1БК /	27	Бурі лісові опідзолені середньоглибокі глеюваті щепенюваті	Н	0-0,05,0	2,93	5,06	40,16±1,68	
				Нр	0,05-0,27	0,83	1,44		
9	10Яц10ЯРР	30	Бурі лісові опідзолені середньоглибокі глеюваті щепенюваті	Н	0-0,05,0	3,05	5,25	50,37±1,11	
				Нр	0,05-0,32	1,17	2,01		
10	7Яц3Бк+1Яв	30	Бурі лісові опідзолені середньоглибокі глеюваті щепенюваті	Н	0-0,05	2,98	5,14	52,72±1,50	
				Нр	0,05-0,43	1,26	2,18		
11	10Яц	27	Бурі лісові опідзолені середньоглибокі глеюваті щепенюваті	Н	0-0,07	2,97	5,13	51,04±1,12	
				Нр	0,07-0,33	1,07	1,85		
14	6Яц3См1БК	34	Бурі лісові середньоглибокі середньозмісті щепенюваті	Н	0-0,03	3,12	5,38	39,80±1,80	
				Нр	0,03-0,27	1,15	1,98		
17	10ЯцF	23	Дерново-буроземні	Н	0-0,03	2,40	4,14	42,04±2,34	
				Нр	0,03-0,23	1,09	1,88		
19	5Яц3Яле	28	Бурі лісові середньоглибокі середньозмісті щепенюваті	Н	0-0,03	3,24	5,59	45,26±1,21	
				Нр	0,03-0,26	1,35	2,32		
20	10Яц	20	Бурі лісові середньоглибокі щепенюваті	Н	0-0,02	3,46	5,96	40,13±1,54	
				Нр	0,02-0,28	1,86	3,21		
21	6Яц4Яле	15	Бурі лісові середньоглибокі щепенюваті	Н	0-0,02	3,08	5,31	33,24±1,88	
				Нр	0,02-0,27	1,21	2,09		
22	10ЯцФ+Яле	30	Бурі лісові середньоглибокі щепенюваті	Н	0-0,10	3,79	6,54	43,80±2,85	
				Нр	0,10-0,25	0,84	1,44		
24	8ЯцФ2Яле	23	Бурі лісові середньоглибокі щепенюваті	Н	0-0,07	4,31	7,43	56,58±4,16	
				Р	0,07-0,29	1,37	2,36		
Середньовікові ліси, вік –40–60 років									
1	10Яле	40	Дерново-буроземні	Н	0-0,02	2,72	4,68	42,52±2,29	
				Нр	0,02-0,26	1,12	1,93		
2	8Яле2Яц	46	Дерново-буроземні	Н	0-0,02	2,97	5,12	41,63±2,41	
				Нр	0,02-0,28	1,07	1,85		
3	10Яц	43	Бурі лісові середньоглибокі глеюваті щепенюваті	Н	0-0,04	3,09	5,32	53,89±1,41	
				Нр	0,04-0,21	1,73	2,98		

Продовження таблиці 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
12	9Яле 1Бк	40	Бурі лісові середньоглибокі щebenюваті	Н	0-0,07	3,09	5,33	39,25±1,13
				Нр	0,07-0,33	1,18	2,04	
13	5Яц4Яле 1Бк+Яв	45	Бурі лісові середньоглибокі середньозмігі щebenюваті	Н	0-0,03	2,67	4,61	39,90±3,01
				Нр	0,03-0,26	1,21	2,08	
16	6Яц4Бк	41	Бурі лісові середньоглибокі середньозмігі щebenюваті	Н	0-0,05	3,07	5,29	49,98±1,87
				Нр	0,05-0,35	1,46	2,52	
18	8Яц2Яле	51	Бурі лісові середньоглибокі середньозмігі щebenюваті	Н	0-0,04	2,97	5,13	45,97±2,16
				Нр	0,04-0,25	1,34	2,31	
23	10Яц0+Яле	45	Бурі лісові середньоглибокі щebenюваті	Н оторф.	0-0,04	6,81	11,74	57,73±5,08
				Н+Рн	0,04-0,25	2,63	4,53	
25	7Яц03Яле	43	Бурі лісові середньоглибокі щebenюваті	Н	0-0,07	4,08	7,04	47,79±2,95
				Р	0,07-0,32	1,05	1,81	
Приставаючі ліси, вік – 60–80 років								
4	8Яц1Яц1Бк	70	Бурі лісові середньоглибокі щebenюваті	Н	0-0,07	3,52	6,07	52,93±0,30
				Нр	0,07-0,27	1,8	3,11	
5	9Яц1Яле	70	Бурі лісові середньоглибокі щebenюваті	Н	0-0,06	3,36	5,79	48,90±0,06
				Нр	0,06-0,27	1,69	2,91	
15	8Бк1Яц1Яцк	73	Бурі лісові середньоглибокі середньозмігі щebenюваті	Н	0-0,08	3,07	5,30	48,34±0,77
				Нр	0,08-0,40	1,40	2,41	
Стиглі і перестійні ліси, вік – понад 80 років								
6	9Яц1Бк	82	Бурі лісові середньоглибокі середньозмігі щebenюваті	Н	0-0,06	3,55	6,13	50,95±1,53
				Нр	0,06-0,30	1,25	2,15	
7	8Яц2Бк	103	Бурі лісові опідзолені середньоглибокі щebenюваті	Н	0-0,05	3,52	6,08	63,93±1,74
				Нр	0,05-0,41	1,52	2,67	

Глеюваті відміни бурих лісових ґрунтів завдяки процесам оглеєння мають більшу щільність складення, що зумовлює більші запаси органічного карбону на одиницю об'єму, що веде до збільшення загальних запасів органічного карбону, навіть якщо його відсотковий уміст нижчий (табл. 3).

На пробній площі № 23 зафіксовано найвищий уміст гумусу й органічного карбону у верхньому горизонті – 11,74% і 6,81% відповідно. Це, на нашу думку, пов'язано зі значним надходженням органічного матеріалу під час вітровалу, який пройшов у 90-х роках.

Також чітко простежується зменшення запасів органічного карбону зі зростанням ступеню змитості ґрунту. Це чітко видно на прикладі бурих лісових середньоглибоких, щебенюватих бурих лісових середньоглибоких середньозмитих щебенюватих ґрунтів. У других спостерігається менший середній запас гумусу як по типу ґрунту загалом, так і у деревостанах усіх вікових груп (табл. 4).

Як видно з табл. 4, середні запаси органічного карбону ґрунту також поступово зростають зі збільшенням віку деревостанів. Це закономірно, адже чим більший вік лісу, тим більше органіки в процесі розкладу лісової підстилки, грубих деревних залишків, кореневого фітодетриту, і решток лісової фауни потрапило у ґрунт в процесі розвитку деревостанів. Запас органічного карбону у молодих лісах становить  $33,24 \pm 1,88 - 56,58 \pm 4,16$  т·га<sup>-1</sup>, а середні запаси становлять  $45,01 \pm 5,62$  т·га<sup>-1</sup>. У середньовікових деревостанах запас  $C_{орг.}$  у ґрунті становить  $39,25 \pm 1,13 - 57,73 \pm 5,08$  т·га<sup>-1</sup>, при цьому середні запаси становлять  $46,71 \pm 4,71$  т·га<sup>-1</sup>.

Трохи вищі запаси органічного карбону ґрунту у пристигаючих лісах –  $48,34 \pm 0,77 - 52,93 \pm 0,30$  т·га<sup>-1</sup>, а середні запаси тут становлять  $50,06 \pm 1,92$  т·га<sup>-1</sup>. Найвищі запаси органічного карбону у ґрунті виявлено у стиглих і перестійних деревостанах і становлять  $50,95 \pm 1,53 - 63,93 \pm 1,74$  т·га<sup>-1</sup>, середні запаси –  $57,44 \pm 6,49$  т·га<sup>-1</sup> (табл. 3–4). Варто також відзначити й те, що вибрані для дослідження лісові екосистеми представлені переважно вторинними смерчниками, посадженими в різний час у другій половині минулого століття.

У попередніх дослідженнях лісових екосистемах Стрийсько-Сянської Верховини у запаси  $C_{орг.}$  у ґрунті змінюються від  $35,23$  т·га<sup>-1</sup> до  $43,37$  т·га<sup>-1</sup> для глибини 0–0,20 м<sup>55</sup>. Середні запаси  $C_{орг.}$  у ґрунтах Яблунського лісництва становили  $62,00$  т·га<sup>-1</sup> для глибини 0–0,50 см<sup>56</sup>.

---

<sup>55</sup> Рожак В.П. Пули і потоки вуглецю в лісових екосистемах Стрийсько-Сянської Верховини (Українські Карпати). *Біологія та валеологія*. 2014. № 16. С. 85–95.

<sup>56</sup> Шпаківська І.М., Марискевич О.Г. Оцінка запасів органічного вуглецю в лісових екосистемах Східних Бескидів. *Вісник УкрНДЛГ. Лісівництво і Агроекологія*. 2009. № 115. С. 176–180.



У Верньовисоцькому лісництві запаси органічного у ґрунті становлять  $32,00 \pm 1,68 - 56,48 \pm 0,46 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$ , а середні запаси  $C_{\text{орг}}$  у ґрунті становлять  $46,56 \text{ т} \cdot \text{га}^{-157}$ .

Порівнюючи отримані нами результати з даними попередніх досліджень, проведених на даній території, можна сказати, що отримані дані є репрезентативними для даної території.

Таблиця 4

**Середні запаси органічного карбону у різних типах ґрунту і лісах різних вікових груп у лісових екосистемах РЛП «Надсянський»**

Назва ґрунту	Середні запаси $C_{\text{орг}} \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$ у шарі глибиною 0-0,25 м				
	Молоді ліси	Середньовікові ліси	Пристигаючі ліси	Стигли і перестійні ліси	Загалом по типу ґрунту
Бурі лісові середньоглибокі шебенюваті	43,44±6,75	48,26±6,32	50,92±2,02	–	46,71±6,42
Бурі лісові середньоглибокі середньозмітні шебенюваті	42,53±2,73	43,95±3,04	50,06	50,59	45,17±2,39
Бурі лісові середньоглибокі глеюваті шебенюваті	–	–	53,89	–	53,89
Бурі лісові опідзолені середньоглибокі глеюваті шебенюваті	48,57±4,21	–	–	63,93	51,64±5,34
Дерново-буроземні	42,04	42,08±0,45	–	–	42,06±0,3
Середні запаси по групах віку	45,01±5,62	46,07±4,71	50,06±1,92	57,44±6,49	

<sup>57</sup> Пижик 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. URL: <https://doi.org/10.36930/40290902>

### 3. Сумарні запаси органічного карбону у мортмасі та ґрунті

Зміна корінних або умовно корінних лісових екосистем на вторинні лісові або навіть на сільськогосподарські угіддя, які дуже часто після розвалу колгоспів знову займали лісові культури, супроводжується зміною складних біогеохімічних циклів переносу речовини та енергії. Це призводить до того, що навіть на близьких за своїми природними умовами територіях, на яких розвинувся однорідний лісовий покрив, можуть сильно відрізнятись величини запасів органічного карбону.<sup>58</sup>

Загальні запаси органічного Карбону коливаються від 40,77 до 78,44 т·га<sup>-1</sup>, а середні запаси становлять 56,59±6,01 т·га<sup>-1</sup> (табл. 5, рис. 4–5).

Середні запаси органічного карбону у молодих лісах становлять 53,65±5,51 т·га<sup>-1</sup> (табл. 5, рис. 4–5).

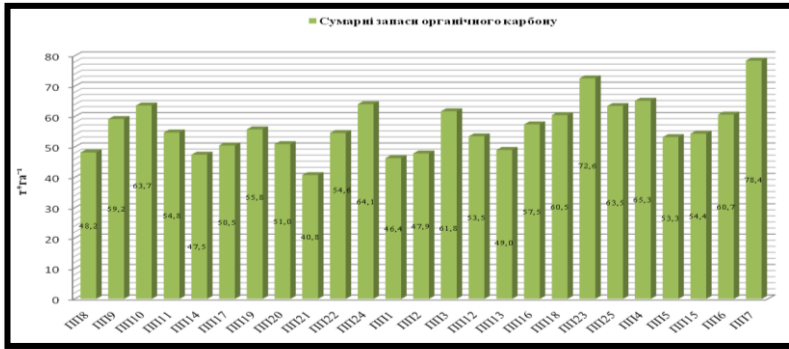


Рис. 4. Сумарні запаси органічного карбону у мортмасі та ґрунті на території Яблунського лісництва (РЛП «Надсянський»)

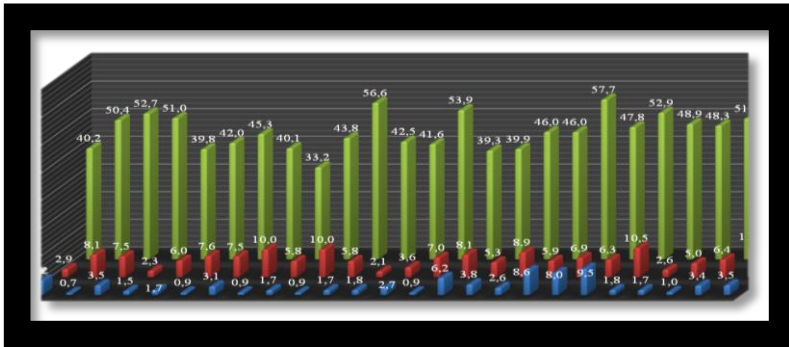


Рис. 5. Величина запасів органічного карбону у різних пулах лісових екосистем на території Яблунського лісництва (РЛП «Надсянський»)

<sup>58</sup> Концептуальні принципи сталого розвитку гірського регіону / М.А. Голубець та ін. ; за ред. М.А. Голубця. Львів : Поллі, 2007. 288 с.

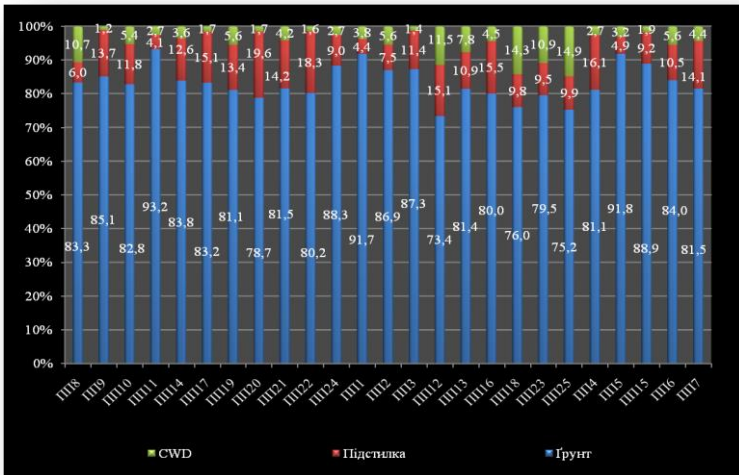
Таблиця 5

## Актуальні запаси органічного карбону у компонентах лісових екосистем РЛП «Надсянський»

№	Склад д-чу	Вік лісу pp	Тип ґрунту	Запаси С <sub>орг</sub> т/га <sup>2</sup> у:		
				ґрунті (шар 0-0,25 м)	лісовій підстилці	грубих деревних залишках
Молоді ліси, вік – 40–60 років						
8	9Яле1Бк	27	Бурі лісові опідзолені середньоглибокі глевовагі шебеновагі	40,16±1,68	2,88±0,16	5,18
9	10Яц	30	Бурі лісові опідзолені середньоглибокі глевовагі шебеновагі	50,37±1,11	8,12±0,55	0,71
10	7Яц3Бк+1Яв	30	Бурі лісові опідзолені середньоглибокі глевовагі шебеновагі	52,72±1,50	7,51±0,29	3,45
11	10Яц	27	Бурі лісові опідзолені середньоглибокі глевовагі шебеновагі	51,04±1,12	2,27±0,17	1,47
14	6Яц3Яле1Бк	34	Бурі лісові середньоглибокі середньозмітні шебеновагі	39,80±1,80	5,96±0,39	1,73
17	10Яц	23	Дерново-буроземні	42,04±2,34	7,62±0,52	0,86
19	5Яц5Яле	28	Бурі лісові середньоглибокі середньозмітні шебеновагі	45,26±1,21	7,46±0,38	3,11
20	10Яц	20	Бурі лісові середньоглибокі шебеновагі	40,13±1,54	9,97±0,48	0,86
21	6Яц4Яле	15	Бурі лісові середньоглибокі шебеновагі	33,24±1,88	5,80±0,39	1,73
22	10Яц6Яле	30	Бурі лісові середньоглибокі шебеновагі	43,80±2,85	6,45±1,12	5,35
24	8Яц62Яле	23	Бурі лісові середньоглибокі шебеновагі	56,58±4,16	7,20±0,45	3,80
Середньовікові ліси, вік – 40–60 років						
1	10Яле	40	Дерново-буроземні	42,52±2,29	2,05±0,14	1,78
2	8Яле2Яц	46	Дерново-буроземні	41,63±2,41	3,59±0,16	2,66
3	10Яц	43	Бурі лісові середньоглибокі глевовагі шебеновагі	53,89±1,41	7,01±0,60	0,86
12	9Яле1Бк	40	Бурі лісові середньоглибокі шебеновагі	39,25±1,13	8,10±0,68	6,16
13	5Яц4Яле 1Бк+1Яв	45	Бурі лісові середньоглибокі середньозмітні шебеновагі	39,90±3,01	5,33±0,60	3,80
16	6Яц4Бк	41	Бурі лісові середньоглибокі середньозмітні шебеновагі	49,98±1,87	8,89±0,35	2,59
18	8Яц2Яле	51	Бурі лісові середньоглибокі середньозмітні шебеновагі	45,97±2,16	5,90±0,28	8,63
23	10Яц6+Яле	45	Бурі лісові середньоглибокі шебеновагі	46,16±2,58	6,93±0,44	7,95
25	7Яц03Яле	43	Бурі лісові середньоглибокі шебеновагі	47,79±2,95	6,27±0,38	9,46
Приступаючі ліси, вік – 60–80 років						
4	8Яц1Ял1Бк	70	Бурі лісові середньоглибокі шебеновагі	52,93±0,30	10,53±0,56	1,79
5	9Яц1Яле	70	Бурі лісові середньоглибокі шебеновагі	48,90±0,06	2,63±0,15	1,73
15	8Бк1Дц1Яцк	73	Бурі лісові середньоглибокі середньозмітні шебеновагі	48,34±0,77	5,02±0,40	1,04
Ступлі і перестійні ліси, вік – понад 80 років						
6	9Яц1Бк	82	Бурі лісові середньоглибокі середньозмітні шебеновагі	50,95±1,53	6,35±0,43	3,38
7	8Яц2Бк	103	Бурі лісові опідзолені середньоглибокі глевовагі шебеновагі	63,93±1,74	11,04±0,38	3,47

У середньовікових деревостанах сумарні середні запаси  $C_{\text{орг}}$  становлять  $57,00 \pm 6,90 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$ , тоді як у пристигаючих і стиглих та перестійних деревостанах –  $56,64 \pm 5,08 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$  і  $69,56 \pm 8,88 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$  відповідно (табл. 5 і рис. 4–5).

У досліджених компонентах лісових екосистем найбільша кількість органічного карбону зосереджена у ґрунті, далі йде лісова підстилка, найменші запаси виявлено у грубих деревних залишках (див табл. 5 і рис. 5–6). У середньому у пулі «ґрунт» зосереджено 83,19% (від 73,4% до 91,8%) від усього сумарного запасу у лісовій підстилці, ґрунті і грубих деревних залишках. Далі за обсягом запасів  $C_{\text{орг}}$  розташувалася лісова підстилка, на яку припадає від 4,10% до 19,60% (у середньому це 11,76%) (рис. 6).



**Рис. 6.** Розподіл запасів органічного карбону у різних пулах лісових екосистем на території Яблунського лісництва (РЛП «Надсянський»)

Проте на деяких пробних площах (№№ 8, 18, 23 і 25) запаси органічного карбону вищі у CWD за рахунок їх досить значного накопичення на цих пробних площах.

Це пояснюється значним пошкодженням деревостанів унаслідок вітровалів, ураженості шкідниками і хворобами і незаконних рубок молодих ялин і ялиць для продажу в період новорічних свят (*дуже часто зрізають 5–10-метрові дерева лише заради того, щоб зрізати*

2–3 метри вершини, решту стовбура просто залишають гнити). У грубих деревних залишках зосереджено найменші запаси органічного карбону серед досліджуваних пулів, у середньому на цей пул припадає 5,35%, а самі значення коливаються від 1,2% до 14,9% (табл. 5 і рис. 6).

## ВИСНОВКИ

Загалом на території дослідження було закладено 25 пробних площ, де було відібрано 150 зразків ґрунту (з **Н** і **Нр** горизонтів), 75 зразків лісової підстилки. На кожній пробній площі було обчислено запаси грубих деревних залишків.

Визначено, що запаси органічного карбону на досліджуваній території змінюються від 40,77 до 78,44 т·га<sup>-1</sup>, а середні запаси становлять 56,59±6,01·га<sup>-1</sup>. Найвищі запаси органічного карбону зафіксовано у ґрунті, у середньому на цей пул припадає близько 83,19% від сумарних запасів, вирахованих для пробної площі. Далі розташувалися лісова підстилка і грубі деревні залишки з 11,76% і 5,35% відповідно. Проте на деяких площах вищі запаси С<sub>орг.</sub> виявлено у грубих деревних залишках. Пов'язано це зі значними накопиченням грубих деревних залишків унаслідок природних стихійних лих і діяльності людини. Такий розподіл, де запаси С<sub>орг.</sub> у ґрунті вищі, ніж у фітодетриті, є типовим і підтверджується літературними даними попередніх досліджень вищезазначених авторів.

Загалом отримані результати є репрезентативними для даної території і узгоджуються з попередніми дослідженнями.

На досліджуваній території простежується збільшення середніх сумарних запасів органічного карбону зі зростанням віку деревостану.

У зв'язку з тим, що територія дослідження має статус природоохоронної, ми вважаємо, що загальні запаси органічного карбону зростатимуть за рахунок заліснення нових територій, збереження існуючих лісів, що, своєю чергою призведе до збільшення поглинання CO<sub>2</sub> з атмосфери.

## АНОТАЦІЯ

Дослідження запасів органічного карбону у лісових екосистемах є важливим ключем для кращого розуміння ролі лісових екосистем у регулюванні процесу глобального потепління. Такі оцінки на регіональному рівні дають кращу можливість оцінки потенціалу тих чи інших лісових екосистем у процесі регулювання кількості парникових газів в атмосфері у тому чи іншому регіоні, що, своєю чергою, дає краще розуміння перебігу цього процесу на глобальному рівні.

Дослідження були проведені на території Яблунського лісництва в РЛП «Надсянський», що також дає змогу оцінити й ефективність ведення природоохоронної діяльності на даній території.

Нами виявлено, що сумарні запаси органічного карбону у лісовій підстилці, грубих деревних залишках і ґрунті становлять від 40,77 до 78,44 т·га<sup>-1</sup>. Найвищі запаси органічного карбону виявлено у ґрунті – 33,24±1,88–63,93±1,74 т·га<sup>-1</sup>, або 73,4–91,8% від сумарних запасів. У лісовій підстилці запас органічного карбону коливається від 2,05±0,14 т·га<sup>-1</sup> до 11,04±0,38 т·га<sup>-1</sup>, що становить 4,10–19,60% сумарного запасу. У грубих деревних залишках накопичено 0,71–9,46 т·га<sup>-1</sup> органічного карбону, на який припадає 1,2–14,9% сумарних запасів.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Андрущенко Г.О. Ґрунти західних областей УРСР. Ч. 2. Львів ; Дубляни : Львівський сільськогосподарський інститут, 1970. 183 с.
2. Бедернічек Т.Ю., Гамкало З.Г. Лабільна органічна речовина ґрунту: теорія, методологія, індикаторна роль. Київ : Кондор, 2014. 180 с.
3. Білоус А.М. Методика дослідження мортмаси лісів. *Біоресурси і природокористування*. 2014. Т. 6. № 3–4. С. 134–145.
4. Особенности деструкционных процессов в лесных экосистемах Карпатского региона / М.А. Голубец и др. *Механизмы биотической деструкции органических веществ в почве* : чтения памяти акад. В.Н. Сукачева. Москва, 1989. Вып. VII. С. 62–86.
5. Горошко М.П., Портах С.В. Об'ємна структура стовбурів Ялиці Білої у модальних лісових насадженнях Українських Карпат: порівняльний аналіз. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*. 2014. № 12. С. 120–125.
6. Данилюк К.М. Флора судинних рослин Регіонального ландшафтного парку «Надсянський» : монографія. Київ : Наукова думка, 2012. 119 с.
7. Концептуальні принципи сталого розвитку гірського регіону / М.А. Голубець та ін. ; за ред. М.А. Голубця. Львів : Поллі, 2007. 288 с.
8. Лакида П.І. Фітомаса лісів України : монографія. Тернопіль : Збруч, 2002. 256 с.
9. Методы определения микроэлементов в почвах, растениях и водах / под ред. И.Г. Важенина. Москва : Колос, 1974. С. 7–25.
10. Никитин Б.А. Уточнение к методике определения гумуса в почве. *Агротимия*. 1983. № 8. С. 18–26.
11. Офіційна сторінка Департаменту екології та природних ресурсів Львівської ОДА. URL: <https://deplv.gov.ua/biosferni-rezervaty> (дата звернення: 09.12.2020).
12. Пастернак В.П. Біопродуктивність лісів північного сходу України в контексті змін клімату : автореф. дис. ... докт. с.-г. наук : 06.03.02., 06.03.03. Київ, 2011. 41 с.
13. Пижик 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. URL: <https://doi.org/10.36930/40290902>.

14. Пищик І.С., Шпаківська І.М. Запаси органічного вуглецю у мортмасі лісових екосистем регіонального ландшафтного парку «Надсянський» (Українські Карпати). *Біологія та валеологія*. 2018. № 20. С. 35–42. URL: <http://doi.org/10.5281/zenodo.2543583>.

15. Проведення спеціальних заходів, спрямованих на запобігання, знищення чи пошкодження природних комплексів територій та об'єктів природо-заповідного фонду РЛП «Надсянський». *Звіт (заключний) про виконання робіт у рамках реалізації природоохоронного заходу* / кер. О.Г. Марискевич. ІЕК НАН України. 2013. 75 с.

16. Рожак В.П. Пули і потоки вуглецю в лісових екосистемах Стрийсько-Сянської Верховини (Українські Карпати). *Біологія та валеологія*. 2014. № 16. С. 85–95.

17. Рожак В.П. Особливості формування запасів мертвої деревини в лісових екосистемах Стрийсько-Сянської Верховини (Українські Карпати). *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Біологія*. 2014. Вип. 2(59). С. 18–24.

18. Скородумов А.С. Определение толщины лесной подстилки. *Лесное хозяйство*. 1939. № 12. С. 41–47.

19. Углерод в экосистемах лесов и болот России / под ред. В.А. Алексеева, Р.А. Бердси. Красноярск : ВК СО РАН, 1994. 224 с.

20. Определение запасов углерода насаждений на пробных площадях: сравнение аллометрического и конверсионно-объемного методов / А.И. Уткин и др. *Лесоведение*. 1997. № 5. С. 51–66.

21. Честных О.В., Лыжин В.А., Кокшарова А.В. Запасы углерода в подстилках лесов России. *Лесоведение*. 2007. № 6. С. 114–121.

22. Чорнобай Ю.М. Трансформація рослинного детриту в природних екосистемах. Львів : ДПМ НАН України, 2000. 352 с.

23. Шпаківська І.М., Марискевич О.Г. Оцінка запасів органічного вуглецю в лісових екосистемах Східних Beskidів. *Вісник УкрНДІЛГ Лісівництво і Агроеміорація*. 2009. № 115. С. 176–180.

24. Dudley N., Vallauri E., Vallauri D. Мертва деревина – живі ліси. *WWF Report*. 2004. 16 с.

25. Harmon M.E., Sexton J. Guidelines for Measurements of Woody Detritus in Forest Ecosystems. *U.S. LTER*. 1996. Publication № 20. Network Office : University of Washington, Seattle, WA, USA. 73 p.

26. 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.

27. Lal R., Kimble J. and Follet R.F. Pedospheric processes and the Carbon Cycle. *Soil processes and carbon cycle* / ed. by R. Lal et al. 1997. CRC Press LLC. P. 1–8.

28. Soil organic carbon: the hidden potential / C. Lefèvre et al. Rome : Food and Agriculture Organization of the United Nations FAO, 2017. 77 p.

29. Deadwood in Forest Ecosystem / K. Merganičová et al. *Forest Ecosystems More than Just Trees* / red. Dr Juan A. Blanco. 2012. P. 81–108.

30. Morrissey R.C., Jenkins M.A., Saunders M.R. Accumulation and Connectivity of Coarse Woody Debris in Partial Harvest and Unmanaged Relict Forests. *PLoS ONE*. 2014. № 9(11). DOI:10.1371/journal.pone.0113323. URL: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0113323#references> (дата звернення: 28.09.2020).

31. Does the acid-hydrolysis incubation method measure meaningful soil organic carbon pools? / E.A. Paul et al. *Soil Science Society of America Journal*. 2006. Vol. 70. P. 1023–1035.

32. Quantifying carbon stores and decomposition in dead wood / Russell Matthew B. et al. *A review. Forest Ecology and Management*. 2015. № 350. P. 107–128. URL: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.04.033>

33. Stevens V. The ecological role of coarse woody debris: an overview of the ecological importance of CWD in B.C. forests. 1997. Res. Br., B.C. Min. For., Victoria, B.C. Work. Pap. 26 p.

34. Wirth I.C., Czimczik C.I., Schulze E.-D. Beyond annual budgets: carbon flux at different temporal scales in fire-prone Siberian Scots pine forests. *Tellus B* 2002. № 54 B. P. 611–630. DOI:10.1034/j.1600-0889.2002.01343.x.

35. Hydrological effects of coarse woody debris (CWD) in the sub-alpine dark coniferous ecosystem of the upper reaches of the Yangtze river / Yu Xin-Xiao et al. *World Forestry Congress XII*. 2009. URL: <http://www.fao.org/3/XII/0874-B1.htm> (дата звернення: 20.06.2020).

#### **Information about the authors:**

**Pyzhyk I. S.,**

Leading Engineer at the Division of Ecosystemology  
Institute of the Ecology of the Carpathians of the National Academy  
of Sciences of Ukraine  
4, Kozelnytska str., Lviv, 79026, Ukraine

**Shpakivska I. M.,**

Candidate of Biological Sciences (Ph. D.), Senior Research Officer,  
Head of the Division of Ecosystemology  
Institute of the Ecology of the Carpathians of the National Academy  
of Sciences of Ukraine  
4, Kozelnytska str., Lviv, 79026, Ukraine