

4. ЛІСОВА ТАКСАЦІЯ ТА ЛІСОВПОРЯДКУВАННЯ



Наукові праці Лісівничої академії наук України
Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine

<http://fasu.nltu.edu.ua>
<https://doi.org/10.15421/412110>
Article received 2020.12.22
Article accepted 2021.06.10

ISSN 1991-606X print
ISSN 2616-5015 online
@ ✉ Correspondence author
Roman Vasylyshyn
rvasylys@ukr.net

Heroyiv Oborony str., 15, Kyiv, 03041, Ukraine

УДК 630*228:630*8(292.451/454:477)

Особливості формування первинної продукції лісів Карпатського НПП у різних лісорослинних умовах

Р.Д. Васишлин¹, І.П. Лакида², І.О. Васишлин³, В.П. Дячук⁴

Наведено результати оцінювання чистої первинної продукції лісових фітоценозів Карпатського національного природного парку, яка слугує природним мірилом їхньої вуглецедепонувальної здатності. Оцінювання базується на застосуванні «напівемпіричного» методу, який розглядає чисту первинну продукцію екосистеми у певному віці як аналогію річному збільшенню загальної продукції фітомаси (або загальному приросту фітомаси). Підґрунтям для оцінювання слугували поділяюча характеристика досліджуваних насаджень та математичний інструментарій, що базується на даних 80 тимчасових пробних площ. Загалом оцінювання чистої первинної продукції лісів Карпатського НПП охоплює понад 33 тис. га вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок у межах земель лісового фонду постійного користування парку.

У лісах Карпатського національного природного парку щорічно продукується майже 360 тис. т рослинної органічної речовини, водночас середня щільність чистої первинної продукції досліджуваних деревостанів становить понад $1000 \text{ г} \cdot (\text{м}^2)^{-1} \cdot \text{рік}^{-1}$. Майже 75% продукції лісових фітоценозів парку продукується ялиновими насадженнями.

Визначено особливості формування первинної продукції лісів у насадженнях в різних типах лісорослинних умов. Зокрема, понад 70% продукції припадає на насадження у вологих сугрудах, 80% якої продукується середньовіковими насадженнями.

Встановлено значний вплив типу лісорослинних умов і продуктивності насаджень на показники інтенсивності продукування органічної речовини насадженнями парку. Найвищі значення цього показника характерні

¹ Васишлин Роман Дмитрович – академік Лісівничої академії наук України, професор кафедри таксації лісу та лісового менеджменту, доктор сільськогосподарських наук, професор. Національний університет біоресурсів і природокористування України, вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, 03041, Україна. Тел.: +38-095-345-27-22. E-mail: rvasylys@ukr.net ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7268-8911>

² Лакида Іван Петрович – доцент кафедри таксації лісу та лісового менеджменту, кандидат сільськогосподарських наук, Національний університет біоресурсів і природокористування України, вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, 03041, Україна. Тел.: +38-067-771-68-18. E-mail: ivan.lakyda@nubip.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1565-8329>

³ Васишлин Іванна Олександрівна – молодший науковий співробітник лабораторії лісознавства і лісівництва. Український науково-дослідний інститут гірського лісівництва ім. П. С. Пастернака, вул. Грушевського, 31, м. Івано-Франківськ, 76002, Україна. Тел.: +38-096-536-44-28. E-mail: ivankadanilova@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3647-4841>

⁴ Дячук Віталій Петрович – аспірант кафедри таксації лісу та лісового менеджменту. Національний університет біоресурсів і природокористування України, вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, 03041, Україна. Тел.: +38-098-924-04-61. E-mail: vitalijdacuk44@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4109-4811>

для насаджень I^b і вище класів бонітету у вологому ґруді, які знаходяться на рівні $1300 \text{ г} \cdot (\text{м}^2)^{-1} \cdot \text{рік}^{-1}$. Водночас букові деревостани у цих лісорослинних умовах досягають значень понад $1700 \text{ г} \cdot (\text{м}^2)^{-1} \cdot \text{рік}^{-1}$.

Ключові слова: біопродукційний процес; екосистемні функції; лісовий фітоценоз; природно-заповідний фонд; продукція; тип лісорослинних умов.

Вступ. Лісові фітоценози Землі в умовах глобальних кліматичних змін слугують одним із базових чинників впливу на глобальний кругообіг вуглецю, оскільки вони є не лише джерелом емісії вуглецю в результаті автотрофного дихання й окислення органічної речовини, але й забезпечують його інтенсивне депонування з атмосфери у процесі фотосинтезу. Природним мірилом цього процесу є чиста первинна продукція лісів, яка, у вигляді нагромадженої органічної речовини в тканинах рослин, характеризує інтенсивність процесів автотрофного дихання та фотосинтезу на одиниці площі лісової ділянки за одиницю часу (Василишин, 2014; Швиденко та ін., 2014). Обсяги первинної продукції лісових фітоценозів, у т.ч. й у межах об'єктів природно-заповідного фонду, слугують інформаційною основою для оцінювання окремих функцій екосистем, серед яких вуглецедепонувальна та киснепродукувальна здатність лісів.

Перша комплексна оцінка чистої первинної продукції лісів України, здійснена під керівництвом А. З. Швиденка (2014) дала змогу встановити, що українські ліси щорічно продукують майже 100 млн тонн органічної речовини, або в середньому 512 г вуглецю на 1 м^2 . Ці значення досить близькі до середніх значень первинної продукції лісів у межах Європейського Союзу, де зафіксовано щорічні показники на рівні $520 \pm 75 \text{ г}$ вуглецю на 1 м^2 (Luysaert et al., 2010). Оновлену оцінку первинної продукції лісів України здійснено дослідниками з Міжнародного інституту прикладного системного аналізу на основі лісової карти України з роздільною здатністю 60 м (Lesiv et al., 2018). За цими даними, чиста первинна продукція становить близько 90 млн тонн органічної речовини на рік, або 504 г вуглецю на 1 м^2 .

Дослідження чистої первинної продукції, як передумова прогнозування вуглецевого циклу лісових екосистем, широко представлені у світовому науковому доробку (Landsberg, Waring, & Williams, 2020; Ohtsuka et al., 2021; Hayalath, Hirota, Tomita & Nakagawa, 2020). Зокрема, досліджуючи вплив тонкого коріння на формування первинної продукції екосистеми, японські дослідники дійшли висновку, що у високопродуктивних насадженнях існує чіткий взаємозв'язок між продукуванням органічної речовини у надземній і підземній частинах насадження з обсягом і тривалістю життя дрібного коріння (An & Osawa, 2021), а також особливостями формування лісової підстилки (Kato et al., 2020). Водночас, інші дослідження вказують на значну залежність маси дрібних коренів від механічного складу ґрунтів, а, відповідно, й зафіксовано вплив на інтенсивність біопродукційного процесу (Han et al., 2021).

Обсяги чистої продукції лісових екосистем слугують також індикатором впливу кліматичних змін на ці екосистеми, особливо в посушливих умовах, та потребують постійного моніторингу (Alton, 2020; Bilgili, Ersahin, Kavakligil & Oner, 2020).

Актуальність дослідження продукції лісових екосистем відображена також у наукових роботах китайських науковців (Chen et al., 2020; Huang et al., 2020; Ji et al., 2020), які акцентують увагу на таких чинниках впливу як індекс листової поверхні, географічні характеристики території (довгота, широта) та видова різноманітність, погодні особливості (вологість і температурний режим) тощо.

В умовах глобалізації лісівничої науки, дослідження чистої первинної продукції лісів на локальному рівні є дуже актуальними, оскільки слугують важливим доповнення міжнародного наукового інструментарію прогнозування майбутнього стану рослинного покриву Землі.

Об'єкти та методика досліджень. Об'єкт дослідження – особливості біопродукційного процесу у лісових фітоценозах Українських Карпат. Предмет дослідження – особливості формування первинної продукції лісів Карпатського національного природного парку у різних лісорослинних умовах.

Мета дослідження – здійснити комплексну оцінку обсягів чистої первинної продукції та особливостей інтенсивності продукування органічної речовини лісовими фітоценозами у різних типах лісорослинних умов.

Загальнонауковим методичним базисом дослідження у межах наукової роботи слугував системний підхід, який передбачає необхідність комплексного вивчення явищ і базується на теорії систем (Швиденко та ін., 2014). Згаданий підхід дав змогу забезпечити розв'язання поставлених завдань.

Оцінювання чистої первинної продукції лісів Карпатського НПП здійснено на основі, запропонованого А. З. Швиденком «напівемпіричного» методу (Shvidenko, Schepaschenko & Nilsson, 2007; Швиденко та ін., 2014), який базується на твердженні, що чиста первинна продукція екосистеми у певному віці є аналогією річному збільшенню загальної продукції фітомаси (або загальному приросту фітомаси), тобто це маса органічної речовини, виробленої екосистемою за одиницю часу (у цьому випадку за 1 рік).

Загальна продукція фітомаси ($ЗП\Phi_t$) лісової екосистеми за час t може бути представлена такою залежністю (Василишин, 2014; Швиденко та ін., 2014):

$$\begin{aligned} ЗП\Phi_t = & ЗП\Phi_t^{cm} + ЗП\Phi_t^{sil} + ЗП\Phi_t^{fcbf} + \\ & + ЗП\Phi_t^{kop} + ЗП\Phi_t^{nnp} + ЗП\Phi_t^{jstn} \end{aligned} \quad (1)$$

Де верхні індекси позначають відповідні фракції фітомаси: *ст* – стовбур у корі, *гіл* – деревина гілок у корі, *фсф* – фотосинтезувальна фракція (листя або хвоя), *кор* – коріння, *пнр* – піднаметова рослинність насадження (підлісок, підріст) та *жнп* – живий над-грунтовий покрив.

Кількісне оцінювання фітомаси здійснено за допомогою опрацьованого раніше математичного інструментарію (Лакида, Бокоч, Василюшин & Терент'єв, 2015), який базувався на даних 80 тимчасових пробних площ, закладених у насадженнях панівних лісотвірних видів регіону у доміантних типах лісу Українських Карпат (табл. 1).

Таблиця 1

Кількісна характеристика вихідних дослідних даних

Деревний вид	Індекс типу лісорослинних умов					Усього
	B_3	C_2	C_3	D_2	D_3	
Ялина європейська	1	–	11	–	20	32
Ялиця біла	–	–	11	–	16	27
Бук лісовий	–	2	7	7	5	21
Разом	1	2	29	7	41	80

Первинну продукцію насадження інших видів деревних рослин оцінено на основі математичних залежностей, запозичених з наукових джерел (Василюшин, 2014; Швиденко та ін., 2014).

Результати та обговорення. Здійснене оцінювання чистої первинної продукції лісів Карпатського НПП охоплює понад 33 тис. га вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок у межах земель лісового фонду постійного користування парку. Загалом оцінювання досліджуваного показника здійснено на понад 7 тис. лісових ділянок у межах дев'яти типів лісорослинних умов.

Нині у лісах Карпатського національного природного парку щорічно продукується майже 360 тис. т рослинної органічної речовини (табл. 2), водночас середня щільність чистої первинної продукції досліджуваних деревостанів становить понад $1000 \text{ г} \cdot (\text{м}^2)^{-1} \cdot \text{рік}^{-1}$.

У видовій структурі розподілу чистої первинної продукції домінують ялинові насадження, частка яких становить 73,9%. Водночас вони поступаються буковим та ялицевим насадженням за інтенсивністю біопродукційного процесу ($9,87 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1} \cdot \text{рік}^{-1}$ органічної речовини, проти $17,92$ у букових та $12,93 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1} \cdot \text{рік}^{-1}$ – в ялицевих).

Серед типів лісорослинних умов за досліджуваним показником домінують вологі сугруди (C_3) із значенням понад 250 тис. т (табл. 3).

У багатих лісорослинних умовах (грудах) щорічно продукується понад 75 тис. тонн органічної речовини, що становить 21,3%. Як і у вологих су-

грудах, у вологих грудах за цим показником домінують насадження з переважанням ялини європейської у складі.

Таблиця 2

Розподіл чистої первинної продукції за панівними видами деревних рослин

Деревний вид	Чиста первинна продукція	
	тис. т · рік ⁻¹	т · га ⁻¹ · рік ⁻¹
Береза повисла	1,70	11,44
Бук лісовий	62,98	17,92
Сосна гірська	6,15	4,40
Сосна звичайна	4,89	9,56
Ялина європейська	264,41	9,87
Ялиця біла	15,96	12,93
Інші види	1,53	–
Разом	357,61	10,57

Загалом частку бука лісового та ялиці білої у загальній структурі первинної продукції лісів Карпатського НПП становить 17,6 та 4,5% відповідно. Частка інших видів деревних рослин у сукупності не перевищує 4%, серед яких домінують зарослі сосни гірської (1,72%), насадження сосни звичайної (1,37%) та берези повислої (0,47%).

Вплив вікової структури насаджень на формування біопродукційного потенціалу лісів досліджуваного регіону наочно відображено у табл. 4.

За інформацією, наведеною у табл. 4, понад 80% продукції формується у середньовікових насадженнях парку, що вказує на найвищий біопродукційний потенціал цих насаджень. Цей аспект підтверджується також і дослідженнями інших науковців (Shvidenko, Schepaschenko & Nilsson, 2007; Швиденко та ін., 2014), які відзначають доміантні позиції насаджень цієї вікової групи у процесі продукування фітомаси. Водночас варто зазначити, що частка молодняків, пристиглих та стиглих насаджень знаходиться на рівні 5-6%.

Динамічні тренди інтенсивності біопродукційного процесу у хвойних насадженнях Карпатського НПП наочно представлено на рис. 1, де чітко простежуються вікові особливості формування первинної продукції ялинових та ялицевих насаджень. Максимальні її значення характерні для середньовікових деревостанів і змінюються від $1400 \text{ г} \cdot (\text{м}^2)^{-1} \cdot \text{рік}^{-1}$ у ялицевих лісостанах до понад $980 \text{ г} \cdot (\text{м}^2)^{-1} \cdot \text{рік}^{-1}$ у ялинових.

У процесі дослідження встановлено також пряму залежність тенденцій зміни інтенсивності біопродукційного процесу зі зміною продуктивності насаджень і родючості лісорослинних умов (табл. 5).

Бонітетна структура біопродукційного процесу лісових фітоценозів парку вказує на переважання насаджень I класу бонітету, на які припадає

майже 50% первинної продукції, половину якої продуковано насадженнями в умовах вологого су-

грудю. Водночас частка насаджень I^a та II класів бонітету становить, відповідно, 28,5 та 16,9%.

Таблиця 3

Розподіл чистої первинної продукції за панівними видами деревних рослин та типами лісорослинних умов

Деревний вид	Чиста первинна продукція у межах типів лісорослинних умов, тис. т·рік ⁻¹						всього
	B ₂	B ₃	C ₂	C ₃	D ₃	інші	
Береза повисла	0,02	0,58	–	1,10	–	–	1,70
Бук лісовий	–	–	0,59	43,70	18,68	0,02	62,98
Сосна гірська	–	6,03	–	0,10	–	0,02	6,15
Сосна звичайна	2,04	1,38	–	1,09	0,28	0,11	4,89
Ялина європейська	0,37	13,04	0,44	194,40	54,49	1,68	264,41
Ялиця біла	–	–	–	13,38	2,58	–	15,96
Інші види	–	0,09	–	0,48	0,05	0,90	1,53
Разом	2,43	21,11	1,02	254,25	76,08	2,72	357,61

Таблиця 4

Розподіл чистої первинної продукції за групами віку та типами лісорослинних умов

Група віку	Чиста первинна продукція у межах типів лісорослинних умов, тис. т·рік ⁻¹						всього
	B ₂	B ₃	C ₂	C ₃	D ₃	інші	
Молодняки	0,12	0,86	0,12	15,64	2,55	0,18	19,47
Середньовікові	2,18	11,70	0,86	207,54	65,63	1,55	289,46
Пристигли	0,10	3,27	–	12,55	1,75	0,25	17,93
Стигли	0,02	4,97	0,04	14,66	2,76	0,55	23,00
Перестиглі	0,01	0,30	–	3,87	3,39	0,18	7,75
Разом	2,43	21,11	1,02	254,25	76,08	2,72	357,61

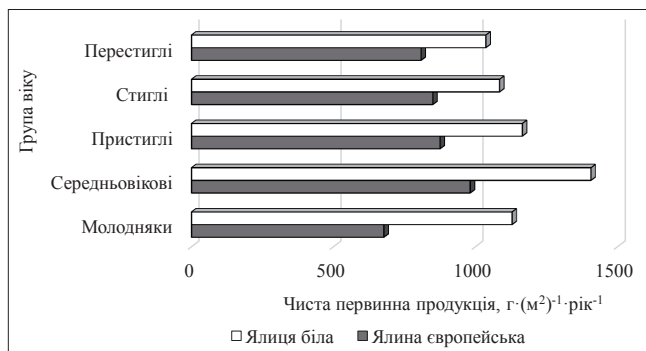


Рис. 1. Інтенсивність біопродукційного процесу у хвойних насадженнях парку в межах груп віку

Характерним для насаджень більшості класів бонітету є чітка диференціація інтенсивності продукування органічної речовини у межах трофотопів (рис. 2). Зокрема спостерігається зниження досліджуваного показника із зниженням трофогенного ряду – від мегатрофних до олігомезотрофних умов. Для найпоширеніших насаджень I класу бонітету зафіксовано зниження вказаного показника від

1210 г·(м²)⁻¹·рік⁻¹ для насаджень в умовах вологого грудю до майже 1000 г·(м²)⁻¹·рік⁻¹ для насаджень у вологому суборі. Водночас для насаджень IV і нижче класів бонітету вказані тенденції мають дещо інший тренд, що може бути пов'язано із особливостями видової структури таких насаджень, оскільки на висоті понад 1000 м н.р.м. (саме тут представлена більшість цих насаджень) домінують зарості сосни гірської.

Аналізуючи фракційну структуру чистої первинної продукції лісів Карпатського НПП варто зазначити, що понад 30% продукції припадає на кореневі системи (табл. 6). Це, насамперед, пов'язано із особливостями формування тонкого коріння. За даними дослідників (Швиденко та ін., 2014), обіг тонкого коріння може в середньому скласти від 17,5% до 33% чистої первинної продукції у лісах бореальних та помірних кліматичних поясів. Водночас, на ґрунтах з низьким забезпеченням рослин елементами живлення частка тонкого коріння може досягати 60% у загальній структурі чистої первинної продукції насаджень.

Таблиця 5

Розподіл чистої первинної продукції за класами бонітету та типами лісорослинних умов

Клас бонітету	Чиста первинна продукція у межах типів лісорослинних умов, тис. т·рік ⁻¹						всього
	B ₂	B ₃	C ₂	C ₃	D ₃	інші	
I ^b і вище	0,02		0,02	8,11	4,92	0,06	13,13
I ^a	0,25	0,76	0,20	72,41	49,38	0,11	123,11
I	0,68	1,63	0,36	119,96	20,56	0,67	143,85
II	1,09	1,74	0,44	43,01	1,17	0,77	48,23
II	0,22	4,66		9,67	0,03	0,66	15,24
IV	0,17	3,21		0,83	0,02	0,34	4,57
V і нижче		9,11		0,26		0,11	9,48
Разом	2,43	21,11	1,02	254,25	76,08	2,72	357,61

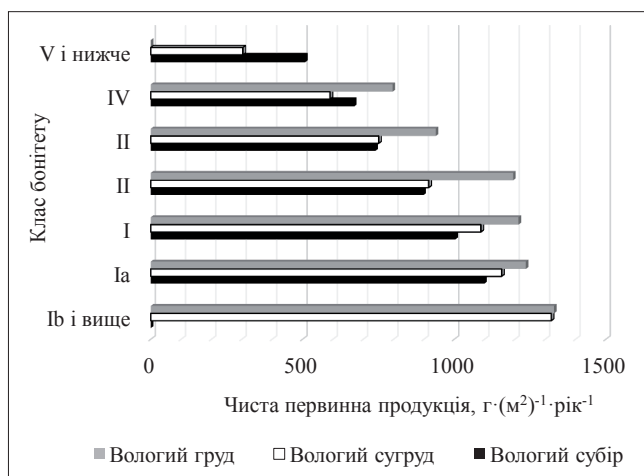


Рис. 2. Інтенсивність біопродукційного процесу у насадженнях різного бонітету в межах панівних типів лісорослинних умов

Майже 55% продукції досліджуваних насаджень припадає на стовбурову деревину (26,8%) та фотосинтезувальний апарат (27,1%). Близько

10% продукції продукують піднаметова рослинність та живий наґрунтовий покрив. Для порівняння, первинна продукція лісів України загалом характеризується наступними фракційними співвідношеннями: стовбур у корі – 20,7; гілки крони – 5,7; листки (хвоя) – 24,1; корені – 31,0; підлісок та кущі – 4,9; живий наґрунтовий покрив – 13,5% (Швиденко та ін., 2014).

У процесі дослідження встановлено також значний вплив трофності лісорослинних умов на формування фракційної структури продукції лісів Карпатського НПП. Зокрема, у мегатрофних умовах частка надземної частини деревостану становить 61,8%, у т. ч. 28,7% припадає на листяну фракцію. Водночас частка підземної частини деревостану становить понад 31, а інших елементів насадження – 7,1%. Водночас у суборах (понад 1000 м н.р.м.) ця структура характеризується наступними показниками: надземна частина деревостану – 33,7%, у т. ч. 18,1% – фотосинтезувальний апарат; 25% – кореневі системи та 41,3% – підлісок і живий наґрунтовий покрив.

Таблиця 6

Розподіл чистої первинної продукції за фракціями та типами лісорослинних умов

Індекс ТЛУ	Чиста первинна продукція у межах компонентів (фракцій), тис. т·рік ⁻¹						Всього
	стовбур	гілки	листя (хвоя)	корені	підлісок та кущі	живий надґрунтовий покрив	
A ₂	0,01	0,001	0,003	0,004	0,001	0,004	0,02
A ₃	0,01	0,003	0,02	0,02	0,01	0,04	0,11
B ₂	0,77	0,13	0,51	0,59	0,07	0,35	2,43
B ₃	2,62	0,67	3,82	5,28	1,82	6,89	21,11
B ₄	0,07	0,02	0,06	0,09	0,03	0,05	0,32
C ₂	0,23	0,07	0,25	0,33	0,06	0,09	1,02
C ₃	71,30	16,24	69,87	77,64	8,02	11,18	254,25
C ₄	0,44	0,10	0,62	0,66	0,15	0,32	2,28
D ₃	20,50	4,73	21,81	23,68	2,31	3,06	76,08
Разом	95,95	21,96	96,94	108,30	12,45	22,00	357,61

Особливості фракційної структури первинної продукції у насадженнях панівних лісотвірних видів і типів лісорослинних умов наведено у табл. 7.

За наведеною у табл. 7 інформацією, фракційна структура чистої первинної продукції ялинових насаджень парку має такий вигляд: надземна частина

деревостану – 62,7%, у т. ч. 27,0% – хвоя; 30,6% – кореневі системи та 6,7% – підлісок і живий наґрунтовий покрив. Щодо ялицевих насаджень, то тут, порівняно з ялинниками, зафіксовано збільшення частки хвої на понад 10%, а також зменшення частки стовбурової продукції на 8%.

Таблиця 7

Розподіл чистої первинної продукції за фракціями та типами лісорослинних умов у межах панівних лісотвірних видів

Індекс ТЛУ	Чиста первинна продукція у межах компонентів (фракцій), тис. т·рік ⁻¹						Всього
	стовбур	гілки	листя (хвоя)	корені	підлісок та кущі	живий надґрунтовий покрив	
<i>Ялина європейська</i>							
B ₂	0,11	0,02	0,09	0,11	0,01	0,02	0,37
B ₃	1,97	0,52	2,98	4,28	1,24	2,05	13,04
B ₄	0,07	0,02	0,06	0,09	0,03	0,05	0,31
C ₂	0,15	0,03	0,11	0,13	0,01	0,01	0,44
C ₃	58,13	12,36	52,38	59,41	5,34	6,78	194,40
C ₄	0,33	0,08	0,36	0,44	0,06	0,09	1,37
D ₃	17,12	3,41	15,49	16,35	0,99	1,12	54,49
Разом	77,88	16,44	71,48	80,81	7,67	10,12	264,41
<i>Бук лісовий</i>							
C ₂	0,08	0,04	0,14	0,21	0,05	0,08	0,59
C ₃	9,54	3,02	11,49	13,81	2,26	3,59	43,70
C ₄	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02
D ₃	2,78	1,18	5,26	6,42	1,24	1,80	18,68
Разом	12,40	4,24	16,89	20,44	3,54	5,47	62,98
<i>Ялиця біла</i>							
C ₃	2,94	0,72	5,22	3,79	0,31	0,40	13,38
D ₃	0,48	0,12	0,99	0,83	0,07	0,09	2,58
Разом	3,41	0,83	6,21	4,62	0,39	0,49	15,96

Для букових насаджень регіону притаманна дещо інша структура первинної продукції, яка характеризується такими співвідношеннями: надземна частина деревостану – 53,2%, у т. ч. 26,8% – листя; 32,4% – кореневі системи та 14,3% – підлісок і живий наґрунтовий покрив.

Вплив лісорослинних умов на інтенсивність біопродукційного процесу у насадженнях панівних лісотвірних видів наочно відображено на рис. 3. Зокрема у сугрудах, де зосереджено понад 70% вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок Карпатського НПП, домінантні позиції займають букові насадження з показником 1630 г·(м²)⁻¹·рік⁻¹, далі – ялицеві (1310 г·(м²)⁻¹·рік⁻¹) та ялинові (920 г·(м²)⁻¹·рік⁻¹). Водночас у грудях букові насадження характеризуються значенням на рівні 1710 г·(м²)⁻¹·рік⁻¹, а ялинові – 1060 г·(м²)⁻¹·рік⁻¹.

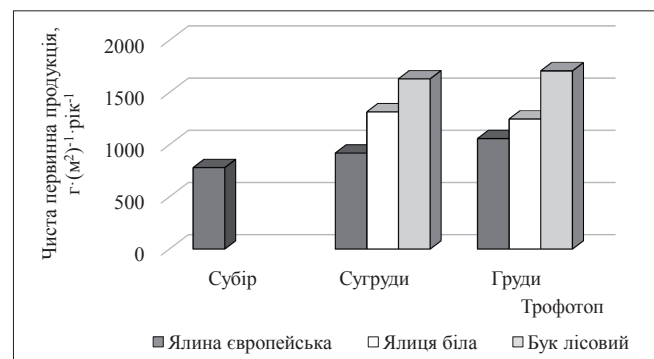


Рис. 3. Інтенсивність біопродукційного процесу у насадженнях панівних лісотвірних видів в межах трофотопів

Вказані тенденції також можна чітко простежити за даними рис. 4, де зображено інтенсивність

біопродукційного процесу в ялинових насадженнях у межах панівних типів лісорослинних умов.

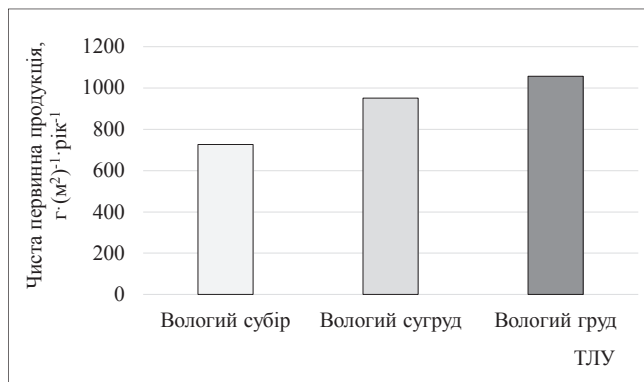


Рис. 4. Інтенсивність біопродукційного процесу в ялинових насадженнях у межах панівних типів лісорослинних умов

Параметри інтенсивності продукування органічної речовини значною мірою залежать також від походження лісових насаджень. Зокрема, у межах Карпатського національного природного парку для насаджень вегетативного походження характерним є показник близько $580 г \cdot (м^2)^{-1} \cdot рік^{-1}$. Водночас деревостани насінневого природного походження продукують первинну продукцію на рівні $1020 г \cdot (м^2)^{-1} \cdot рік^{-1}$ органічної речовини. Щодо насінних штучних насаджень, то щільність їхньої продукції становить $1040 г \cdot (м^2)^{-1} \cdot рік^{-1}$.

У підсумку варто зазначити, що оцінювання чистої первинної продукції гірських лісів, особливо на територіях природно-заповідного фонду регіону, є важливим і необхідним етапом для здійснення екологічного моніторингу природних екосистем Українських Карпат та прогнозування обсягів регіонального бюджету вуглецю й кількісного оцінювання їхньої киснепродукувальної функції. Це сприятиме формуванню комплексу заходів, спрямованих на збереження, стале використання та відтворення біологічного і ландшафтного різноманіття на всій території Карпатського регіону.

Висновки. Результати досліджень сприятимуть розвитку системи оцінювання екосистемних функцій лісів як одного із найперспективніших напрямів запровадження сталого гірського лісівництва.

Оцінювання кількісних показників чистої первинної продукції лісів Карпатського національного природного парку показало, що річний вимір біопродукційного процесу становить майже 360 тис. т рослинної органічної речовини з середньою інтенсивністю продукування понад $1000 г \cdot (м^2)^{-1} \cdot рік^{-1}$. Понад 70% продукції – це результат фотосинтетичної активності насаджень, які ростуть у вологих сугрудах.

Найвищим біопродукційним потенціалом характеризуються середньовікові насадження, в яких формується понад 80% первинної продукції лісів парку. Середні значення їхньої біопродуктивності змінюються від $1400 г \cdot (м^2)^{-1} \cdot рік^{-1}$ в ялицевих насадженнях до понад $980 г \cdot (м^2)^{-1} \cdot рік^{-1}$ в ялинових.

Майже 55% чистої первинної продукції досліджуваних лісів припадає на стовбурову деревину (26,8%) та фотосинтезувальний апарат (27,1%). Водночас зафіксовано значний вплив зміни типів лісорослинних умов на фракційну структуру досліджуваного показника.

Результати оцінювання чистої первинної продукції лісів Карпатського НПП є інформаційним базисом для прогнозування їхньої біосферної ролі.

Список літератури

- Василишин Р.Д. (2018). *Еколого-енергетичний потенціал лісів Українських Карпат та його стале використання*. Київ: ТОВ «ІЦП «Компринт». 305 с. [Vasylyshyn, R.D. (2018). *Environmental and energy potential of forests in Ukrainian Carpathians and its sustainable use*. Kyiv: LLC «KOMPRINT» ISBN 978-966-929-736-5] (in Ukrainian)
- Лакида П.І., Бокоч В.В., Василишин Р.Д., Терентьев А.Ю. (2015). *Біопродуктивність лісових фітоценозів Карпатського національного природного парку*. Корсунь-Шевченківський: ФОП Гаврищенко В.М. 154 с. [Lakyda, P.I., Bokoch, V.V., Vasylyshyn, R.D., & Terentiev, A. Yu. (2015). *Bioproductivity of forest phytocenoses of the Carpathian National Nature Park*. Korsun-Shevchenkivsky: FOP V.M. Gavryshenko ISBN 978-966-2464-60-3] (in Ukrainian)
- Швиденко А.З., Лакида П.І., Щепашенко Д.Г., Василишин Р.Д., Марчук Ю.М. (2014). *Вуглець, клімат та землеуправління в Україні: лісовий сектор*. Корсунь-Шевченківський: ФОП Гаврищенко В.М. 283 с. [Shvidenko, A.Z., Lakyda, P.I., Schepaschenko, D.G., Vasylyshyn, R.D., & Marchuk, Yu.M. (2014). *Carbon, climate and land-use in Ukraine: forest sector*. Korsun-Shevchenkivsky: FOP V.M. Gavryshenko ISBN 978-966-2464-40-5] (in Ukrainian)
- Alton, P.B. (2020). Representativeness of global climate and vegetation by carbon-monitoring networks; implications for estimates of gross and net primary productivity at biome and global levels. *Agricultural and Forest Meteorology*, 290. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2020.108017>
- An, J.Y., & Osawa, A. (2021). Seasonal patterns of fine root dynamics and their contribution to net primary production in hinoki cypress (*Chamaecyparis obtusa*) and konara oak (*Quercus serrata*) forests. *Trees-Structure and Function*, 35(1), 255-271. <https://doi.org/10.1007/s00468-020-02030-6>
- Bilgili, B.C., Ersahin, S., Kavakligil, S.S., & Oner, N. (2020). Net primary productivity of a mountain forest ecosystem as affected by climate and topography. *Cerne*, 26(3), 356-368. <https://doi.org/10.1590/01047760202026032730>
- Chen, Y.Z., Chen, L.Y., Cheng, Y., Ju, W.M., Chen, H.Y. H., & Ruan, H.H. (2020). Afforestation promotes the enhancement of forest LAI and NPP in

- China. *Forest Ecology and Management*, 462. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.117990>
- Han, S.H., Kim, S., Chang, H.N., Kim, H.J., An, J., & Son, Y. (2021). Fine root biomass and production regarding root diameter in *Pinus densiflora* and *Quercus serrata* forests: Soil depth effects and the relationship with net primary production. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 45(1), 46-54. <https://doi.org/10.3906/tar-1912-13>
- Huang, X., Huang, C.B., Teng, M.J., Zhou, Z.X., & Wang, P.C. (2020). Net Primary Productivity of *Pinus massoniana* Dependence on Climate, Soil and Forest Characteristics. *Forests*, 11(4), 404. <https://doi.org/10.3390/f11040404>
- Ji, Y.H., Zhou, G.S., Luo, T.X., Dan, Y., Zhou, L., & Lv, X.M. (2020). Variation of net primary productivity and its drivers in China's forests during 2000-2018. *Forest Ecosystems*, 7(1). <https://doi.org/10.1186/s40663-020-00229-0>
- Kato, Y., Tomotsune, M., Shiote, F., Koyama, Y., Koizumi, H., & Yoshitake, S. (2020). Comparison of inter-annual variation in net primary production among three forest types in the same region over 7 years. *Journal of Forest Research*, 26(2), 110-115. <https://doi.org/10.1080/13416979.2020.1857006>
- Landsberg, J.J., Waring, R.H., & Williams, M. (2020). The assessment of NPP/GPP ratio. *Tree Physiology*, 40(6), 695-699. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpaa016>
- Lesiv, M., Shvidenko, A., Schepschenko, D., See, L., & Fritz, S. (2018). A spatial assessment of the forest carbon budget for Ukraine. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 24, 985-1006. <https://doi.org/10.1007/s11027-018-9795-y>
- Luyssaert, S., Ciais, P., Piao, S.L., Schulze, E.-D., & Jung, M. ... Janssens I.A. (2010). The European carbon balance. Part 3: forests. *Global Change Biology*, 16, 1429-1450. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2009.02056.x>
- Ohtsuka, T., Tomotsune, M., Ando, M., Tsukimori, Y., Koizumi, H., & Yoshitake, S. (2021). Effects of the Application of Biochar to Plant Growth and Net Primary Production in an Oak Forest. *Forests*, 12(2). <https://doi.org/10.3390/f12020152>
- Shvidenko, A., Schepaschenko, D., & Nilsson, S. (2007). Modeling Net Primary Production of Northern Eurasia forests: A new method & new estimate. *ECCEM'07*, 1, 485-486
- Shvidenko, A., Buksha, I., Krakovska, S., & Lakyda, P. (2017). Vulnerability of Ukrainian Forests to Climate Change. *Sustainability*, 9(7), 1152-1158. <https://doi.org/10.3390/su9071152>
- Xayalath, S., Hirota, I., Tomita, S., & Nakagawa, M. (2020). Aboveground biomass and seasonal patterns of aboveground net primary productivity in five bamboo species in northern Laos. *Journal of Plant Ecology*, 13(2), 150-156. <https://doi.org/10.1093/jpe/rtz056>

Peculiarities of net forests primary production formation in different site conditions of the Carpathian National Nature Park

R. Vasylyshyn¹, I. Lakyda², I. Vasylyshyn³, V. Diachuk⁴

Forest plant communities of the Earth are one of the grounding factors influencing the global carbon cycle in the context of global climate change, as they are not only a source of carbon emissions from autotrophic respiration and oxidation of organic matter but also provide its intensive sequestration from the atmosphere in the course of photosynthesis. The natural dimension of this process is the net primary production of forest ecosystems. The research object is the features of the bioproduction process in forest plant communities of the Ukrainian Carpathians. The subject of research is the peculiarities of net forests primary production formation in different site conditions of the Carpathian National Nature Park. The purpose of the research is to carry out a comprehensive quantitative assessment of net primary production and features of the intensity of organic matter production by forest plant communities in different types of forest site condition.

The assessment based on the application of the «semi-empirical» method, which considers the ecosystem net primary production of a certain age as an analogy to the current annual increment in total live biomass production. The basis for the assessment is comprised of stand-level characteristics of forests and mathematical tools based on data collected at 80 temporary sample plots. The forests of the Carpathian National Nature Park produce annually almost 360 thousand tons of plant organic matter. At the same time, the average density of net primary production of the studied stands is more than 1000 g·(m²)⁻¹·year⁻¹. Spruce stands produce almost 75 % of the production of forest plant communities of the park. The peculiarities of forests' primary production formation in the stands

¹ Roman Vasylyshyn – Full Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Professor of Forest Mensuration and Forest Management Department, Doctor of Agricultural Sciences, Professor. National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Heroiv Oborony str., 15, Kyiv, 03041, Ukraine. Tel.: +38-095-345-27-22. E-mail: rvasyls@ukr.net ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7268-8911>

² Ivan Lakyda – Associate Professor of Forest Mensuration and Forest Management Department, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Heroiv Oborony str., 15, Kyiv, 03041, Ukraine. Tel.: +38-067-771-68-18. E-mail: ivan.lakyda@nubip.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1565-8329>

³ Ivanna Vasylyshyn – Junior Research Fellow of the laboratory of forestry, Ukrainian Research Institute of Mountain Forestry named after P.S. Pasternak, Hrushevs'koho str., 31, Ivano-Frankivsk, 76002, Ukraine. Tel.: +38-096-536-44-28. E-mail: ivankadanilova@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3647-4841>

⁴ Vitalii Diachuk – PhD student of Forest Mensuration and Forest Management Department, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Heroiv Oborony str., 15, Kyiv, 03041, Ukraine. Tel.: +38-098-924-04-61. E-mail: vitalijdacuk44@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4109-4811>

of different forest site conditions are determined. In particular, more than 70 % of the production is accounted for stands in moist fertile hornbeam site type, 80 % of which produced by mid-aged stands. A significant influence of the type of forest site conditions and stand productivity on the indices of organic matter production intensity by the forest stands of the park are established. The highest values of this index are inherent for stands with I^b and higher site index classes in moist fertile hornbeam site type which are at the level of 1300 g·(m²)⁻¹·year⁻¹. At the same time, beech stands in these forest conditions reach values of more than 1700 g·(m²)⁻¹·year⁻¹. Almost 55 % of the primary production of the studied forests accounts for stem wood (26.8%) and photosynthetic apparatus (27.1%). At the same time, a significant impact of the changes in forest site conditions types on the studied index fractional structure was estimated. The research results on the primary production of the Carpathian NNP forests form an information basis for forecasting their role in biosphere.

Key words: bioproduction process; ecosystem services; forest plant communities; nature reserve fund; production; type of forest site condition.

Особенности формирования первичной продукции лесов Карпатского НПП в разных лесорастительных условиях

Р.Д. Василишин¹, И.П. Лакида², И.А. Василишин³,
В.П. Дячук⁴

Лесные фитоценозы Земли в условиях глобальных климатических изменений служат одним из ключевых факторов влияния на глобальный круговорот углерода, поскольку они не только являются

источником эмиссии углерода в результате автотрофного дыхания и окисления органического вещества, но и обеспечивают его интенсивное депонирование из атмосферы в процессе фотосинтеза. Естественным измерением этого процесса является чистая первичная продукция лесов. Объектом исследования в научной работе были особенности биопродукционного процесса в лесных фитоценозах Украинских Карпат. Предмет исследования – особенности формирования первичной продукции лесов Карпатского национального природного парка в разных лесорастительных условиях. Цель исследования заключалась в осуществлении комплексной оценки объемов чистой первичной продукции и особенностей интенсивности продуцирования органического вещества лесными фитоценозами в различных типах лесорастительных условий.

Оценка основана на применении «полуэмпирического» метода, который рассматривает чистую первичную продукцию экосистемы в определенном возрасте как аналогии годовому увеличению общей продукции фитомассы (или общему приросту фитомассы). Основой для оценки использованы характеристики исследуемых насаждений и математический инструментарий, базирующиеся на данных 80 временных пробных площадей. Установлено, что в лесах Карпатского национального природного парка ежегодно производится около 360 тыс. т растительного органического вещества, одновременно средняя плотность чистой первичной продукции исследуемых древостоев составляет более 1000 г·(м²)⁻¹·год⁻¹. Почти 75% продукции лесных фитоценозов парка производится еловыми насаждениями. Определены особенности формирования первичной продукции лесов в насаждениях в различных типах лесорастительных условий. В частности, более 70% продукции приходится на насаждения во влажных сугрудах, 80% которой производится средневозрастными насаждениями. Установлено значительное влияние типа лесорастительных условий и производительности насаждений на показатели интенсивности продуцирования органического вещества насаждениями парка. Высокие значения этого показателя характерны для древостоев I^b и выше классов бонитета в условиях влажного гряда (D₃), которые находятся на уровне 1300 г·(м²)⁻¹·год⁻¹. В то же время буковые древостои в этих лесорастительных условиях достигают значений более 1700 г·(м²)⁻¹·год⁻¹.

Почти 55% чистой первичной продукции исследуемых лесов приходится на стволовую древесину (26,8%) и фотосинтезирующий аппарат (27,1%). В то же время зафиксировано значительное влияние изменения типов лесорастительных условий на фракционную структуру исследуемого показателя. Полученные результаты оценки чистой первичной продукции лесов Карпатского НПП – это информационный базис для прогнозирования их биосферной роли.

Ключевые слова: биопродукционный процесс; экосистемные функции; лесной фитоценоз; природно-заповедный фонд; продукция; тип лесорастительных условий.

¹ *Василишин Роман Дмитриевич* – академик Лесной академии наук Украины, профессор кафедры таксации леса и лесного менеджмента, доктор сельскохозяйственных наук. Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, ул. Героев Оборона, 15, г. Киев, 03041, Украина. Тел.: +38-095-345-27-22. E-mail: rvasylys@ukr.net ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7268-8911>

² *Лакида Иван Петрович* – доцент кафедры таксации леса и лесного менеджмента, доктор сельскохозяйственных наук, профессор. Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, ул. Героев Оборона, 15, г. Киев, 03041, Украина. Тел.: +38-067-771-68-18. E-mail: ivan.lakyda@nubip.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1565-8329>

³ *Василишин Иванна Александровна* – младший научный сотрудник лаборатории лесоведения и лесоводства, Украинский научно-исследовательский институт горного лесоводства им. П.С. Пастернака, ул. Грушевского, 31, г. Ивано-Франковск, 76002, Украина. Тел.: +38-096-536-44-28. E-mail: ivankadaniлова@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3647-4841>

⁴ *Дячук Виталий Петрович* – аспирант кафедры таксации леса и лесного менеджмента. Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, ул. Героев Оборона, 15, г. Киев, 03041, Украина. Тел.: +38-098-924-04-61. E-mail: vitalijdcacuk44@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4109-4811>