



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

<http://fasu.nltu.edu.ua>
<https://doi.org/10.15421/412505>
Article received 2024.12.02
Article revised 2025.01.08
Article accepted 2025.06.18
Article published 2025.08.29

ISSN 1991-606X print
ISSN 2616-5015 online
@ ✉ Correspondence author
Pavlo Vandzhurak
pavlov.76@ukr.net

103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine

УДК 630*181.21 : 630*231.1

Вплив освітленості на інтенсивність процесу природного поновлення

П.І. Ванджурак¹, Ю.М. Дебринюк², С.І. Миклуш³

З'ясовано вплив освітленості під наметом букового деревостану на появу самосіву і густоту підросту в умовах чистої вологої бучини Покутських Карпат після проведення першого прийому рівномірно-поступової рубки. Об'єкти досліджень розташовані у лісовому фонді Березівського л-ва філії «Кутське ЛГ», де в межах науково-виробничого стаціонару було закладено секцію у лісостані *Fagus sylvatica* L. для виявлення впливу рівномірно-поступової рубки на процес природного поновлення. Контролем слугувала ділянка лісостану з такими ж лісівничо-таксаційними показниками, де рубка не проводилась. Деревостани природного походження, пристиглі.

Проведення першого прийому рівномірно-поступової рубки сприяло суттєвому збільшенню показника освітленості під наметом букового деревостану (з 1,7-2,2 до 11,1-15,0 тис. лк), що інтенсифікувало процес природного поновлення. Здійснення першого прийому рубки у буковому лісостані зі зниженням повноти з 0,94 до 0,72 сприяло збільшенню пропускну здатності намету деревостану з 2,15-2,68 до 13,8-18,7%, що стимулювало збільшення кількості самосіву.

Результати наступних обліків самосіву і підросту через чотири і шість років після проведення першого прийому рівномірно-поступової рубки підтвердили позитивний вплив освітленості на інтенсивність проходження процесу природного поновлення, в результаті якого кількість самосіву збільшилась, відповідно, з 0,21 до 9,8 та 12,9 тис. шт.·га⁻¹, а кількість підросту – з 9,07 до 17,1 та 24,4 тис. шт.·га⁻¹.

Встановлена кількість підросту є суттєво більшою, ніж 15,0 тис. шт.·га⁻¹, що, згідно з вимогами «Правил рубок...» (2009), дає підставу для проведення другого і заключного прийому рівномірно-поступової рубки.

Ключові слова: букові лісостани; самосів; підріст; рівномірно-поступова рубка; інтенсивність світла; пропускну здатність намету.

Вступ (Introduction).

Енергія фотосинтетично активної радіації, джерелом якої є Сонце, виступає необхідною умовою життєдіяльності рослин, зокрема деревних. Режим променевої енергії у лісових фітоценозах залежить від низки чинників, серед яких пори року, погодні

умови, зімкнутість намету і видовий склад деревостану, структура крон, стрімкість та експозиція схилу лісової ділянки. Світло, як один із найголовніших екологічних чинників довкілля, безпосередньо впливає на появу сходів, формування самосіву та підросту. Тому під час дослідження процесів

¹ Ванджурак Павло Іванович – аспірант. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. E-mail: pavlov.76@nltu.edu.ua ORCID: <http://orcid.org/0009-0007-5466-5824>

² Дебринюк Юрій Михайлович – академік Лісівничої академії наук України, академік-секретар ЛАН України, доктор сільськогосподарських наук, професор кафедри лісових культур і лісової селекції. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. E-mail: debrynyuk_ju@ukr.net ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0994-349X>

³ Миклуш Степан Іванович – академік Лісівничої академії наук України, доктор сільськогосподарських наук, професор, директор ННІ лісового і садово-паркового господарства, професор кафедри лісової таксації та лісовпорядкування. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. E-mail: msi_s@ukr.net ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9762-1190>

природного поновлення під наметом лісостанів вивчення світлових умов має вагоме значення.

У результаті досліджень успішності природного поновлення у зв'язку з освітленістю лісової ділянки низкою дослідників (Лустюк, 2015; Čater, & Diaci, 2017; Іванюк, Голубчак, Гнатюк, 2024; Anev et al., 2024; Martini et al., 2025 та ін.) встановлено, що інтенсивність освітлення суттєво впливає на процес появи самосіву і підросту.

Вивчаючи вплив освітленості на інтенсивність фотосинтезу букового підросту Г.Л. Тишкевич (1984) встановила, що останній суттєво зростає із покращенням освітленості. Вона виявилась максимальною в умовах відкритих місць – прогалин (40-50 тис. лк) та мінімальною – під наметом деревостану зімкнутістю 0,5-0,6 з освітленістю близько 10 тис. люкс. За даними Т.В. Лустюка (2015), в умовах B_2 - ∂C успішність природного поновлення *Quercus robur* L. є цілком задовільною за умови встановлення повноти деревостану не вище 0,7.

Світло, як важливий екологічний чинник, який впливає на процеси природного поновлення, піддається регулюванню відповідними лісгосподарськими заходами. А.П. Іванюк та ін. (2024) встановили, що основна кількість ялинового підросту зосереджена на відстані до 20 м від краю лісу у зв'язку з близькими до оптимальних умовами освітленості, що призвело до збільшення кількості підросту в 2-10 разів порівняно із віддаленими смугами від краю лісостану (20-40 та 40-60 м).

За даними Г.Т. Криницького та ін. (2022), основними чинниками, що обмежують формування підросту у сосново-букових лісостанах Розточчя, зумовлюють його незначну висоту та низьку життєвість, є недостатнє освітлення під наметом деревостанів та значна періодичність настання урожайних років у бука лісового.

У період зміни клімату відновлення європейських лісів залежить від успішності природного поновлення, але появу молодих рослин під наметом лісостанів визнано доволі проблематичною (Martini et al., 2025). Болгарськими дослідниками (Anev, 2024; Anev et al., 2024) встановлено, що часткове «відкривання» намету букового деревостану не виявляє негативного впливу на ріст підросту: адаптація молодих рослин до зміни умов освітлення відбувається доволі успішно, однак залежить від способу рубки та екологічних умов довкілля. Проте зрубвання всіх дерев материнського намету викликає сильний стрес у букового підросту.

З іншого боку, специфіка реакції букового підросту на зрідження верхнього ярусу свідчить про його здатність адаптуватися до збільшення освітленості через зміни в анатомії листка (Aranda et al., 2001).

Аналізуючи стан поновлення бука, ялиці та ялини після льодоламу 2014 р. у зв'язку зі сильним освітленням, М. Čater & J. Diaci (2017) встановили, що збільшення освітленості на пошкоджених

ділянках негативно вплинуло на ялицю, не виявило суттєвого впливу на ялину, але сприяло росту бука. Низький рівень освітленості не виявляв суттєвого впливу на обмеження кількості самосіву, але помітно знижував кількість підросту (Martini et al., 2025).

За даними Ch. Ammer, R. Mosandl, & H. El Kated (2002), прямий посів горішків бука під наметом ялини виявився дуже економічним методом перетворення чистих насаджень у мішані. При цьому встановлено, що проростання насіння бука під наметом ялини значною мірою залежить від вологості ґрунту на момент проведення посіву і до появи сходів. З цієї причини прямий посів горішків бука під наметом дуже густих ялиників не рекомендовано.

J. Emborg (1998), вивчаючи вплив відносної інтенсивності світла (RLI) на процес поновлення *Fagus sylvatica* L. та *Fraxinus excelsior* L. встановив, що молоді рослини не виживають за RLI нижче 2%, проте успішно розвиваються за RLI вище 3%, яка характерна для прогалин у наметі деревостану.

Отже, в умовах зміни клімату дуже важливо орієнтувати ведення лісового господарства на природне поновлення букових деревостанів шляхом часткового розрідження материнського намету, уникаючи повного «відкривання» лісової ділянки з метою недопущення стресового стану самосіву і підросту, які розвивалися за неповного освітлення. У зв'язку з цим, *актуальність дослідження* полягає у вивченні впливу освітленості на інтенсивність процесу природного поновлення під наметом букового деревостану у випадку запровадження системи поступової рубки.

Мета роботи полягає у з'ясуванні впливу освітленості під наметом букового деревостану на густоту самосіву і підросту в умовах чистої вологої бучини Покутських Карпат після проведення першого прийому рівномірно-поступової рубки.

Об'єкти та методика досліджень (Objects and methods).

Об'єкт досліджень – формування самосіву і підросту за різної освітленості під наметом букового деревостану. *Предмет досліджень* – вплив рівномірно-поступової рубки на кількість самосіву і підросту за різної пропускну здатності намету деревостану.

Об'єкти досліджень розташовані у лісовому фонді Березівського л-ва філії «Кутське ЛГ», де в межах науково-виробничого стаціонару було закладено секцію у лісостані *Fagus sylvatica* із застосуванням поступової системи рубок. Контролем слугувала ділянка букового лісостану з такими ж лісівничо-таксаційними характеристиками, де рубки не проводили.

Лісівничо-орографічні характеристики лісостану такі: тип лісу – волога чиста бучина (D_3 -Бк), тип ґрунту – буроземний суглинистий слабоскелетний вологий на глинистих сланцях, висота

над рівнем моря – 520-550 м, експозиція схилу – північно-східна. Буковий деревостан природного походження, переважаючий вік – 86 років (станом на 01.2018 р.). Трапляються окремі екземпляри бука лісового віком 120-130 років.

У трав'яному вкритті переважають мегатрофи – підмаренник запашний (*Galium odoratum* (L.) Scop.), чистотіл великий (*Chelidonium majus* L.), зеленчук жовтий (*Lamium galeobdalon* L.), щитник шартрський (*Dryopteris carthusiana* (Vill.) H.P. Fuchs), щитник чоловічий (*Dryopteris filix mas* (L.) Schott.), осока волосиста (*Carex pilosa* Scop.), зубниця залозиста (*Dentaria glandulosa* Waldst. et Kit.), переліска багаторічна (*Mercurialis perennis* L.), копитняк європейський (*Asarum europaeum* L.), чистець лісовий (*Stachys sylvatica* L.), шавлія клейка (*Salvia glutinosa* L.).

Секція для проведення рівномірно-поступової рубки (РПР) закладена у високопродуктивному буковому деревостані природного походження (кв. 28, вид. 45, пл. 7,5 га), який займає північно-східний схил стрімкістю 12-15°. У складі дерево-

стану відсутній граб звичайний. Відносна повнота деревостану до рубки доволі висока (0,94), бонітет – І^b. На ділянці переважає рівномірне розташування дерев, зімкнутість крон висока.

Згідно з «Правилами рубок ...» (2009), у букових деревостанах з повнотою 0,9 і більше потрібно запроваджувати триприйомні поступові рубки. Під час першого прийому повноту можна знизити до 0,7 з інтенсивністю рубки до 30%. Беручи до уваги високу відносну повноту деревостану, на ділянці потрібно проектувати триприйомну рівномірно-поступову рубку.

За результатами обстеження встановлено, що практично весь самосів і підріст сформований буком лісовим за незначної домішки черешні, ясена звичайного, клена-явора та ялини європейської. Остання представлена окремими екземплярами і з'явилась тут, вірогідно, внаслідок занесення насіння вітром. На секції повністю відсутній самосів і підріст граба звичайного.

Таксаційні показники деревостану на секції №1 наведено в табл. 1.

Таблиця 1. Таксаційні показники деревостану на науково-виробничому стаціонарі *Fagus sylvatica* (секція рівномірно-поступової рубки)

Table 1. Forest-mensuration indicators of forest stands at the *Fagus sylvatica* research-and production station (section of uniform-shelterwood felling)

Склад деревостану	N, шт.·га ⁻¹	Середні		G, м ² ·га ⁻¹	P, од.	M, м ³ ·га ⁻¹	Бонітет	Інтенсивність рубки, %
		H, м	D, см					
До першого прийому рубки (облік 10.2017 р.)								
10Бкл	450	32,0	33,7	40,33	0,94	544	I ^b	—
Після першого прийому рубки (облік 04.2018 р.)								
10Бкл	352	33,3	32,4	29,95	0,72	417	I ^b	23,3

Наприкінці 2017 – на початку 2018 рр. у буковому лісостані було проведено перший прийом рівномірно-поступової рубки із вибиранням 23,3% запасу стовбурової деревини. Згідно з «Правилами рубок...» (2009), на ділянці здійснено рубку середньої інтенсивності (11-24%). Відносна повнота насадження при цьому знизилась до 0,72. Після проведення рубки дерева на площі розташовані відносно рівномірно. Перелік дерев після рубки було здійснено у квітні 2018 р. з визначенням загальноприйнятих таксаційних показників (див. табл. 1).

Отже, після проведення першого прийому РПР запас деревостану знизився на 127 м³, а кількість дерев зменшилася в 1,3 раза. Під час рубки вибирались дерева як нижчих, так і вищих ступенів товщини, і в підсумку середній діаметр дещо знизився, тоді як середня висота трохи збільшилася. Одночасно збільшився мінімальний показник діаметра стовбура (з 12,8 до 18,2 см), тоді як

максимальний показник дещо знизився (з 68,4 до 60,7 см) внаслідок зрубання найтовстішого дерева на секції (табл. 2). Коефіцієнт варіації значний (> 20%), однак точність дослідів доволі висока.

В обох випадках крива розподілу кількості дерев за ступенями товщини має помірну правосторонню асиметрію та характеризується невеликою гостровершинністю, на що вказує додатне значення ексцесу.

Контрольна секція представлена буковим деревостаном, де рубку не проводили. Пристиглий деревостан природного походження і високої продуктивності (кв. 28, вид. 47, пл. 11,5 га) займає північний схил стрімкістю 10-15°. Лісостан характеризується високою зімкнутістю крон, значним діаметром та висотою стовбурів і високим запасом деревини (табл. 3). Розташування дерев – рівномірно-групове, у насадженні наявні окремі вікна та прогалини. Таксаційні показники дере-

востану подібні до таких на секції РПР, оскільки обидві секції закладені в одному і тому ж лісостані.

Незважаючи на високу, але відносно нерівномірну зімкнутість крон (0,8-0,9), під наметом деревостану обліковано певну кількість підросту, переважно 1,5-2,0 м заввишки віком 8-15 років і навіть більше. Самосів майже відсутній, дрібний підріст поширений слабо. Він приурочений в основному до

вікон та прогалин, які розташовані нерівномірно. Як і на попередній секції, у складі підросту відсутній граб звичайний. Спостережено також невелику кількість підросту ясена звичайного, клена-явора, ялини європейської. Остання представлена окремими екземплярами.

Статистичні показники букового деревостану наведені в табл. 4.

Таблиця 2. Статистичні показники букового деревостану за діаметром до і після проведення першого прийому рівномірно-поступової рубки

Table 2. Statistical indicators of beech forest stands by diameter before and after the first cut of uniform-shelterwood felling

Діаметр, см			Основне відхилення (σ), см	Коефіцієнт варіації (V), %	Асиметрія	Ексцес	Точність дослід (P), %
max	min	середньо-арифметичний					
До першого прийому рубки (10.2017 р.)							
68,4	12,8	33,7±1,04	9,33±1,13	27,7	+0,421	+0,344	1,31
Після першого прийому рубки (04.2018 р.)							
60,7	18,2	32,4±0,86	7,55±0,96	23,3	+0,372	+0,245	1,24

Таблиця 3. Таксаційні показники деревостану на науково-виробничому стаціонарі *Fagus sylvatica* (контрольна секція)

Table 3. Forest-mensuration indicators of forest stands at the *Fagus sylvatica* research-and-production station (the control section)

Склад деревостану	N, шт·га ⁻¹	Середні		G, м ² ·га ⁻¹	P, од.	M, м ³ ·га ⁻¹	Бонітет
		H, м	D, см				
10Бкл	458	32,6	32,8	38,70	0,90	532	I ^b

Таблиця 4. Статистичні показники букового деревостану за діаметром на контрольній секції

Table 4. Statistical indicators of beech forest stand by diameter in the control section

Діаметр, см			Основне відхилення (σ), см	Коефіцієнт варіації (V), %	Асиметрія	Ексцес	Точність дослід (P), %
max	min	середньо-арифметичний					
71,6	14,2	32,8±1,13	8,65±0,94	26,4	+0,421	+0,364	1,23

Отже, максимальний, мінімальний та середній показники діаметра бука лісового доволі подібні до таких на секції РПР до проведення рубки. Коефіцієнт варіації за діаметром стовбурів значний (> 20%), але точність дослід досить висока ($p < 3\%$). В обох випадках крива має помірну правосторонню асиметрію та характеризується невеликою гостровершинністю.

Для виконання мети роботи використано такі методи дослідження: *лісівничо-таксаційні* – для

закладання пробних площ, встановлення таксаційних характеристик природних деревостанів, густоти підросту; *порівняльної екології* – для встановлення типу лісорослинних умов і типу лісу; *варіаційної статистики* – для оброблення експериментальних даних, підтвердження достовірності отриманих результатів досліджень.

Закладення секцій у межах букового лісостану здійснювали відповідно до вимог СОУ 02.02-37-476:2006 (2006). Таксаційні показники деревостанів

встановлювали за діючими нормативними матеріалами (Гірс та ін., 2013; Білоус та ін., 2020).

Тип лісу на досліджуваних ділянках визначали з урахуванням засад лісівничо-екологічної класифікації (Герушинський, 1996; Ткач, Тарнопільська, Орлов, 2024), за сукупністю основних і допоміжних ознак.

До *самосіву* відносили деревні рослини природного насінного походження віком до одного року. До *підросту* відносили екземпляри насінного походження віком два і більше років, які в перспективі здатні сформувати лісостан і мають висоту до 1/4 висоти материнського деревостану.

Освітленість під наметом деревостанів вимірювали в ясний сонячний день в період 13.00-14.30 люксметром Ю-116 (фотоелементи Ф 55С). Для дослідження використали трансекти, закладені у верхній, середній і нижній частинах схилу букового лісостану секції РПР (три трансекти розміром 3 × 70 м кожна) та контрольній секції (три трансекти розміром 3 × 80 м кожна). Освітленість вимірювали на висоті 1 м від поверхні ґрунту через кожні 0,8-1,0 м трансекти впродовж вказаного часового періоду. Пропускную здатність намету деревостану (T_Q , %) встановлювали за формулою В. А. Алексєєва (1975):

$$T_Q = (100 : n) / (I_{01} + I_{02}) \times \sum_{j=1}^n i_{nj}.$$

Дослідження виконані у липні 2018 р. після проведення першого прийому рівномірно-поступової рубки.

Для уточнення видових назв складу трав'яного покриття на секціях букового стаціонару використовували електронну базу The Word Flora Online.

Для оброблення результатів досліджень використовували стандартне програмне забезпечення «Excel». Статистичні показники малих і великих вибірок, достовірність отриманих даних вираховували відповідно до вимог методики польового дослідження (Горошко, Миклуш, Хомюк, 2004).

Результати досліджень (Results).

З'ясування впливу освітленості під наметом букового деревостану на інтенсифікацію процесу природного поновлення, густоту самосіву і підросту є дуже важливим аспектом під час проведення поступових чи вибіркового рубок у букових лісостанах. Покращення освітленості під наметом деревостану ймовірно повинно стимулювати процес природного поновлення. Результати обліку самосіву і підросту на секціях науково-виробничого стаціонару представлені в табл. 5.

Таблиця 5. Результати обліку самосіву і підросту за різної пропускну здатності намету деревостану (облік 07.2018 р.)

Table 5. Results of the inventory of self-seeding and young growth at different levels of stand canopy light-throughput capacity (inventory in July 2018)

№ трансекти	Кількість самосіву / підросту, шт.га ⁻¹	Кількість точок вимірювання освітленості, шт.	$\sum_{j=1}^n i_{nj}$ тис. лк	Х _{ср} , лк	Пропускна здатність намету деревостану, %
Секція – контроль					
1	0,54 / 15,56	102	220,1	2158	2,68
2	0,68 / 14,45	94	163,1	1735	2,15
3	0,32 / 14,84	86	164,0	1907	2,37
Секція – рівномірно-поступова рубка					
1	3,76 / 12,85	82	1232,1	15026	18,74
2	2,12 / 9,22	88	977,6	11109	13,81
3	3,16 / 11,15	86	1109,2	12898	16,03

Примітка. Показники інтенсивності світла (I_{01} та I_{02}) на відкритому місці до і після вимірювань під наметом деревостану склали в межах 80-81 тис. лк, що зв'язано з проведенням дослідження при безхмарному небі в середині дня впродовж короткого періоду часу (13.00-14.30)

За результатами досліджень, на контролі в межах трьох трансект зафіксовано низьку пропускну здатність намету деревостану (2,15-2,68%) за відносно повноти деревостану 0,90. Відповідно, кількість самосіву і підросту також невисока. Середнє значення показника освітленості під наметом деревостану на контрольній ділянці доволі подібне (1,7-2,2 тис. лк), проте все ж спостережено

певну тенденцію до збільшення кількості самосіву і підросту на трансектах із кращою освітленістю (з 0,3 до 0,7 та з 14,5 до 15,6 тис. шт.га⁻¹).

У зв'язку із наявністю просвітів у наметі деревостану спостережено значну варіабельність показника освітленості на контролі ($V = 42,1-48,7\%$). Розмах значення освітленості дуже значний (з 770 до 5580 лк). Варіабельність показника освітленості

зумовлена неоднорідною зімкнутістю намету деревостану в межах 70-метрової трансекти. Проте точність дослідів все ж задовільна (табл. 6).

Після проведення першого прийому рівномірно-поступової рубки відносна повнота деревостану на секції знизилась з 0,94 до 0,72, що зумовило значне зростання показника освітленості – майже у сім разів (з 1,7-2,2 до 11,1-15,0 тис. лк). Так само суттєво збільшилась і пропускна здатність намету деревостану – з 2,2-2,7 до 13,8-18,7% (див. табл. 5). Для порівняння, під наметом деревостану зімкнутістю 0,5-0,6 Г.Л. Тишкевич (1984) зафіксувала освітленість близько 10 тис. лк, що є трохи менше від встановленого нами показника. Поряд з цим, під наметом зімкнутих сосново-букових деревостанів Г.Т. Криницький та ін. (2022) встановили освітленість в межах 4-6 тис. лк, що дещо перевищує встановлений нами показник на контрольній секції (1,7-2,2 тис. лк).

Покращення освітленості внаслідок проведення першого прийому РПР зумовило помітне зростання кількості самосіву (до 2,1-3,8 тис. шт.га⁻¹), хоча

кількість підросту незначно збільшилась, оскільки облік поновлення проводився лише через пів року після здійснення першого прийому рубки.

Дещо менша кількість підросту на секції №1 станом на 07.2018 р., порівняно з контролем (секція №2) може бути зумовлена більшою відносною повнотою деревостану до рубки (0,94), ніж на контролі (0,90).

Із покращенням освітленості на секції рівномірно-поступової рубки спостережено тенденцію щодо збільшення кількості поновлення на 1 га. Так, якщо до проведення першого прийому РПР на секції кількість самосіву бука лісового на трансектах зафіксовано в межах 0,18-0,25 тис. шт.га⁻¹ (10.2017 р.), то після проведення рубки кількість самосіву помітно збільшилась – до 2,1-3,8 тис. шт.га⁻¹ (07.2018 р.), тобто збільшення кількості самосіву склало 11,7-15,2 раза.

Як і на контрольній ділянці, варіабельність показника освітленості доволі висока ($V = 38,7-41,0\%$), проте точність дослідів знаходиться у допустимих межах ($P = 4,2-4,5\%$) (табл. 7).

Таблиця 6. Статистичні показники освітленості на трансектах букового деревостану, люкс (контрольна секція)

Table 6. Statistical indicators of illumination on transects of beech forest stand, lux (the control section)

Показники	Трансекта №1	Трансекта №2	Трансекта №3
Кількість спостережень, N (шт.)	102	94	86
Максимальне значення, X _{max}	5580	4400	4250
Мінімальне значення, X _{min}	840	770	920
Середнє значення, X _c	2158±93,7	1735±87,2	1907±86,5
Основне (стандартне) відхилення, δ	946,5±66,3	845,0±61,2	802,4±61,2
Коефіцієнт варіації, V (%)	43,8	48,7	42,1
Точність дослідів, P (%)	4,3	5,0	4,5

Таблиця 7. Статистичні показники освітленості на трансектах букового деревостану після проведення першого прийому РПР, люкс

Table 7. Statistical indicators of illumination on transects of beech forest stand after conducting the first cut of uniform-shelterwood felling, lux

Показники	Трансекта №1	Трансекта №2	Трансекта №3
Кількість спостережень, N (шт.)	82	88	86
Максимальне значення, X _{max}	25200	22160	24100
Мінімальне значення, X _{min}	980	1020	1230
Середнє значення, X _c	15026±664,5	11109±494,5	12898±539,1
Основне (стандартне) відхилення, δ	6162,5±469,9	4638,0±349,6	4998,6±381,1
Коефіцієнт варіації, V (%)	41,0	41,7	38,7
Точність дослідів, P (%)	4,4	4,5	4,2

У процесі подальшого продовження дослідів з вивчення інтенсивності проходження процесу природного поновлення на буковому стаціонарі, експерименти з освітленістю не проводили. Проте наступні обліки самосіву і підросту на контрольній ділянці та на ділянці, де було проведено перший прийом РПП, засвідчили суттєвий подальший вплив освітленості на кількість самосіву і підросту.

Так, на контролі кількість самосіву бука лісового станом на 10.2021 р. дещо зросла у зв'язку з урожайним роком, тоді як кількість підросту майже не змінилась (табл. 8). За результатами повторного обліку (11.2023 р.) самосів практично відсутній, а кількість букового підросту трохи збільшилась за рахунок переходу самосіву в групу дрібного підросту.

Таблиця 8. Результати обліку самосіву і підросту *Fagus sylvatica* L. на контрольній секції впродовж 2017-2023 рр., тис. шт. на 1 га

Table 8. Results of the inventory of self-seeding and young growth of *Fagus sylvatica* L. in the control section during the period 2017-2023, thousand pcs per ha

№ трансекти	Самосів	Підріст	Разом
Результати обліку 11.2023 р.			
№1	–	16,85	16,85
№2	0,51	17,30	17,81
№3	–	18,35	18,35
Середнє	0,17	17,50	17,67
Результати обліку 10.2021 р.			
№1	1,37	15,74	17,11
№2	1,84	16,18	18,02
№3	1,28	17,59	18,87
Середнє	1,50	16,50	18,00
Результати обліку 10.2017 р.			
№1	0,48	15,34	15,82
№2	0,64	13,92	14,56
№3	0,26	15,09	15,35
Середнє	0,46	14,78	15,24

Характерним є розподіл самосіву і підросту за термінами обліку на секції рівномірно-поступової рубки (табл. 9). Якщо у жовтні 2017 р. кількість самосіву і підросту тут було обліковано помітно менше, ніж на контролі, що зумовлено значною

зімкнутістю крон і високою відносною повнотою, то через чотири роки (10.2021 р.) середня кількість самосіву збільшилась більш ніж у 45 разів, а кількість підросту – в 1,9 рази. Ще через два роки (11.2023 р.) кількість самосіву і підросту знову збільшилась (див. табл. 9). Тобто, навіть через шість років після проведення першого прийому РПП процес природного поновлення проходить інтенсивно.

Таблиця 9. Результати обліку самосіву і підросту *Fagus sylvatica* L. на секції рівномірно-поступової рубки впродовж 2017-2023 рр., тис. шт. на 1 га

Table 9. Results of the inventory of self-seeding and young growth of *Fagus sylvatica* L. in the section of uniform-shelterwood felling during the period 2017-2023, thousand pcs per ha

№ трансекти	Самосів	Підріст	Разом
Результати повторного обліку 11.2023 р. після проведення першого прийому РПП			
№1	13,18	26,47	39,65
№2	11,79	22,04	33,83
№3	13,80	24,75	38,55
Середнє	12,92	24,42	37,34
Результати обліку 10.2021 р. після проведення першого прийому РПП			
№1	10,85	18,25	29,10
№2	8,78	15,24	24,02
№3	9,75	17,79	27,54
Середнє	9,79	17,10	26,89
Результати обліку 10.2017 р. до проведення першого прийому РПП			
№1	0,25	10,20	10,45
№2	0,21	7,83	8,04
№3	0,18	9,18	9,36
Середнє	0,21	9,07	9,28

Очевидно, що пропускна здатність намету і показник освітленості впродовж 6-річного періоду зменшилися внаслідок поступового зімкнення намету букового деревостану, але кількість самосіву і підросту продовжує зростати. Ймовірно, у наступні декілька років інтенсивність процесу природного поновлення повинна зменшитись внаслідок

змикання намету деревостану, а також розвитку підросту, що унеможливить появу самосіву, а, отже, і поповнення групи підросту. Для уникнення цього явища потрібно провести другий прийом рівномірно-поступової рубки. Кількість підросту бука лісового є достатньою (> 15 тис. шт. $\cdot$ га $^{-1}$) навіть для проведення заключного прийому рубки.

Дискусія (Discussion).

Застосування лісогосподарських заходів, що сприяють поліпшенню умов освітленості, сприяють активізації лісовідновних процесів (Іванюк та ін., 2024). Через недостатню освітленість під наметом модринового насадження самосів модрини європейської гине і не переходить у стадію підросту, тоді як підріст тіньовитривалих деревних порід (кленів, в'яза, граба) розвивається успішно (Керімов, Заїка, 2019).

За результатами досліджень Г.Т. Криницького та ін. (2022), висока зімкнутість намету у сосново-букових деревостанах знижує інтенсивність піднаметового освітлення та ослаблює процеси природного поновлення. Внаслідок цього світлолюбна *Pinus sylvestris* L. не поновлюється взагалі, а підріст тіньовитривалого *Fagus sylvatica* сповільнює ростові процеси і зосереджений переважно у висотній групі дрібного підросту – 10-25 см.

F. Martini et al. (2025) зазначають, що у старовікових європейських лісах чисельність молодих рослин залежить від сукупності впливу сприятливих та гальмівних механізмів, включаючи взаємодію між деревами материнського намету, копитними та багатством лісорослинних умов. Ріст і розвиток самосіву стимулюється дорослими особинами того ж деревного виду, сильно пошкоджується копитними, але йому властивий високий потенціал виживання в умовах низької освітленості. F. Martini et al. (2025) наголошують, що для підросту, окрім вологи, основними лімітуючими чинниками розвитку виступають світловий режим та постачання азоту.

Більшість дослідників все ж основну увагу приділяють режиму освітлення, яке може впливати як позитивно на процес природного поновлення, так і гальмувати його.

За результатами досліджень Čater M., & Diaci J. (2017), сильне освітлення букового підросту не виявило негативного впливу на його ріст і розвиток. Проте інші автори (Anev, 2024; Anev et al., 2024) стверджують, що повне видалення материнського намету викликає сильний стрес у букового підросту, тоді як поступове розрідження намету не виявляє негативного впливу на молоді рослини бука лісового.

З іншого боку, Martini et al. (2025) констатували, що низький рівень освітленості не виявив помітного впливу на зменшення кількості букового самосіву, тоді як чисельність підросту помітно знизилась. J. Emborg (1998) встановив, що розвиток молодих рослин бука лісового можливий лише за відносної інтенсивності світла (RLI) вище 3%.

Отримані нами дані корелюють з результатами досліджень інших авторів у тій частині, що поступове зменшення зімкнутості намету інтенсифікує процес природного поновлення. Збільшення пропускної здатності намету материнського деревостану з 2,2-2,7 до 13,8-18,7% забезпечує появу самосіву та збільшення кількості підросту впродовж наступних 4-6 років.

Висновки (Conclusions).

1. Проведення першого прийому рівномірно-поступової рубки сприяло суттєвому збільшенню показника освітленості під наметом букового деревостану (з 1,7-2,2 до 11,1-15,0 тис. лк), що інтенсифікувало проходження процесу природного поновлення.

2. Здійснення першого прийому рівномірно-поступової рубки у буковому лісостані (зниження повноти з 0,94 до 0,72) сприяло збільшенню пропускної здатності намету деревостану з 2,15-2,68 до 13,8-18,7%, що стимулювало збільшення кількості самосіву.

3. Результати наступних обліків самосіву і підросту через чотири і шість років після проведення першого прийому рівномірно-поступової рубки підтвердили позитивний вплив освітленості на інтенсивність проходження процесу природного поновлення, в результаті якого кількість самосіву збільшилась, відповідно, з 0,21 до 9,8 та 12,9 тис. шт. $\cdot$ га $^{-1}$, а кількість підросту – з 9,07 до 17,1 та 24,4 тис. шт. $\cdot$ га $^{-1}$.

4. Облікована кількість підросту є суттєво більшою, ніж 15,0 тис. шт. $\cdot$ га $^{-1}$, що, згідно з вимогами «Правил рубок...» (2009), дає підставу для проведення другого і заключного прийому рівномірно-поступової рубки.

Конфлікт інтересів (Conflicts of Interest).

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Список літератури (References)

- Ammer, Ch., Mosandl, R., & El Kateb, H. (2002). Direct seeding of beech (*Fagus sylvatica* L.) in Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) stands – effects of canopy density and fine root biomass on seed germination. *Forest Ecology and Management*, 159(1-2), 59-72. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(01\)00710-1](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(01)00710-1)
- Anev, S. (2024). Light acclimation of European beech (*Fagus sylvatica* L.) saplings after canopy destruction. *Forestry Ideas*, 30(1), 66-78. <https://www.researchgate.net/publication/378907327>
- Anev, S., Karcheva, Z., Zhiponova, M., & Chaneva, G. (2024). Biochemical acclimation of European beech (*Fagus sylvatica* L.) saplings to canopy opening. *Forestry Ideas*, 31(1), 22-36. <https://www.researchgate.net/publication/388919513>

- Aranda, I., Bergasa, L. F., Gil, L., & Pardos, J. (2001). Effects of relative irradiance on the leaf structure of *Fagus sylvatica* L. seedlings planted in the understory of a *Pinus sylvestris* L. stand after thinning. *Annals of Forest Science*, 58, 673-680. <https://doi.org/10.1051/forest:2001154>
- Alekseev, V. (1967). On the transmission of solar radiation through the canopy of forest stands In Yu. L. Tselniker (Ed.), *Light regime, photosynthesis and forest productivity* (pp. 15-35). Moscow: Nauka [Алексеев, В. А. (1967). О пропускании солнечной радиации пологом древостоев. В кн. Ю. Л. Цельникер (ред.), *Световой режим, фотосинтез и продуктивность леса* (с. 15-35). Москва: Наука] (in Russian)
- Bilous, A., Kashpor, S., Myronyuk, V., Svinchuk, V., & Lesnik, O. (2020). *Forest Taxation Handbook*. Dnipro: Lira [Білоус, А. М., Кашпор, С. М., Миронюк, В. В., Свинчук, В. А., Лесник, О. М. (2020). *Лісотаксаційний довідник*. Дніпро: Ліра. 360 с.] (In Ukrainian)
- Emborg, J. (1998). Understorey light conditions and regeneration with respect to the structural dynamics of a near-natural temperate deciduous forest in Denmark. *Forest Ecology and Management*, 106(2-3), 83-95. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(97\)00299-5](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(97)00299-5)
- Forest inventory sample plots. Establishing method*. (2006). Corporate standard 02.02-37-476:2006]. Valid from May 1, 2007. Kyiv: Ministry of Agrarian Policy of Ukraine [Площі пробні лісовпорядні. Метод закладання. (2006). СОУ 02.02-37-476:2006. [Чинний від 2007-05-01]. Київ: Мінагрополітики України] (in Ukrainian)
- Gerushynskiy, Z. (1996). *Typology of forests of the Ukrainian Carpathians*. Lviv: Pyramida. <https://carpaty.net/?p=20482> [Герушинський, З. Ю. (1996). *Типологія лісів Українських Карпат*. Львів: Піраміда. 208 с.] (In Ukrainian)
- Girs, O., Manita, O., Myronyuk, V., Svinchuk, V., & Berezinsky, L. (2013). *Forest Taxation Handbook*. Kyiv: Vinichenko Publishing House. [Гірс, О. А., Маніта, О. Г., Миронюк, В. В., Свинчук, В. А., Березинський, Л. М. (2013). *Лісотаксаційний довідник*. Київ: Видавничий дім «Вініченко». 496 с.] (In Ukrainian)
- Ivanyuk, A., Holubchak, O., & Hnatyuk, O. (2024). The influence of economic measures on the condition of spruce protective forests of the Ukrainian Carpathians. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 34(6), 41-48. <https://doi.org/10.36930/40340606> [Іванюк, А. П., Голубчак, О. І., Гнатюк, О. Р. (2024). Вплив господарських заходів на стан ялинових захисних лісів Українських Карпат. *Науковий вісник НЛТУ України*, 34(6), 41-48] (in Ukrainian)
- Kerimov, E., & Zaika, V. (2019). Forest-regeneration processes in the stands with the participation of european larch in the conditions of the Kremenets hill area. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 29(2), 47-52. <https://doi.org/10.15421/40290209> [Керімов, Є. І., Заїка, В. К. (2019). Лісовідновні процеси в деревостанах за участю модрина європейської в умовах Кременецького горборіч'я. *Науковий вісник НЛТУ України*, 29(2), 47-52] (in Ukrainian)
- Krynytsky, H., Yakhnytsky, V., Pavlyuk, N., & Pavlyuk, V. (2022). Natural regeneration of pine and beech stands on Roztochchya. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 32(1), 25-29. <https://doi.org/10.36930/40320104> [Криницький, Г. Т., Яхницький, В. Й., Павлюк, Н. В., Павлюк, В. В. (2022). Природне поновлення сосново-букових деревостанів на Розточчі. *Науковий вісник НЛТУ України*, 32(1), 25-29] (In Ukrainian)
- Lustiuk, T. (2015). The Impact of illumination under the Canopy of Forest Stands on the Amount and Quality of Natural Seed Renovation of Oak (*Quercus robur* L.) in Wet Pine Forests of Western Polissya. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 25(1), 87-91. Retrieved from <https://nv.nltu.edu.ua/index.php/journal/article/view/781> [Лустюк, Т. В. (2015). Вплив освітленості під наметом деревостанів на кількість і якість природного насінневого поновлення дуба звичайного (*Quercus robur* L.) у вологих суборах Західного Полісся. *Науковий вісник НЛТУ України*, 25(1), 87-91] (in Ukrainian)
- Martini, F., Buechling, A., Bače, R., Hofmeister, J., Janda, P., Matula, R., & Svoboda, M. (2025). Biotic and abiotic effects on tree regeneration vary by life stage in European primary forests. *Oikos*, 2. <https://doi.org/10.1111/oik.10755>
- Rules for final felling*: approved by order of the State Forestry Committee of Ukraine dated December 23, 2009, No. 364, Kyiv. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0085-10#Text> [Правила рубок головного користування: затв. наказом Державного комітету лісового господарства України 23.12.2009 р., №364, Київ] (in Ukrainian)
- Tkach, V., Tarnopilska, O., & Orlov, O. (2024). *Types of forest formations of Ukraine in the system of European classifications*. Kharkiv: Drukarnya Madrid. https://uriffm.org.ua/media/uploads/2024/11/04/monografiya_types_of_forest.pdf [Ткач, В. П., Тарнопільська, О. М., Орлов, О. О. (2024). *Типи лісових формацій України в системі європейських класифікацій*. Харків: Друкарня Мадрид. 415 с.] (in Ukrainian)
- The Word Flora Online <https://www.worldfloraonline.org/search?query=fagus&view=&limit=24&start=1&sort=>
- Tyshkevich, G. (1984). *Protection and restoration of beech forests*. Chisinau: Shtinitisa. [Тышкевич, Г. Л. (1984). *Охрана и восстановление буковых лесов*. Кишинев: Штеница. 232 с.] (in Russian)
- Čater, M., & Diaci, J. (2017). Divergent response of European beech, silver fir and Norway spruce advance regeneration to increased light levels following natural disturbance. *Forest Ecology and Management*, 399, 206-212. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.05.042>

The effect of illumination on the intensity of the natural regeneration process

P. Vandzhurak¹, Iu. Debryniuk², S. Myklush³

Investigated was the influence of illumination under the canopy of a beech stand on the emergence of self-seeding as well as on young growth density in the conditions of a pure moist fertile beech forest type of the Pokuttia Carpathians after the first cut of uniform-shelterwood felling. The objects of the study are located in the forest fund of the Bereziv forest district, a branch of the Kuty Forestry Enterprise, where, within the boundaries of the research-and-production station (forest beech formation – *Fageta sylvaticae*), a section was established in the forest beech stand to investigate the impact of uniform-shelterwood felling on the natural regeneration process. A plot of forest of the same age and forest type, where no felling was conducted, served as a control section. The forest stands are 86 years old, of natural origin, and mature. There are some individual specimens of European beech aged 120-130 years.

The studies were conducted in the following type of forest – moist pure fertile beech forest type, where brown loamy, slightly skeletal, moist soils formed on clay shales. The altitude above sea level is 520-550 m, and the slope exposure is northeastern.

At the time of the study, the stemwood stock in the control section was 532 m³·ha⁻¹, and in the plot designated for uniform-shelterwood felling, it was 544 m³·ha⁻¹. After the first cut of the uniform-

shelterwood felling, the growing stock decreased by 127 m³, and the felling intensity was 23.3%.

Illumination was measured on a clear sunny day between 13:00 and 14:30 using a Yu-116 luxmeter. The study used transects laid in the upper, middle and lower parts of the slope of the beech forest stand of the uniform-shelterwood felling section (three transects measuring 3 × 70 m each) and the control section (three transects measuring 3 × 80 m each). The illumination was measured at a height of 1 m above the soil surface every 0.8-1.0 m along transects during the indicated time period. The light-throughput capacity of the forest stand canopy (T_Q, %) was determined using the formula developed by V.A. Alekseev (1975). The investigations were conducted in July 2018 after the first cut of the uniform-shelterwood felling.

The first cut of the uniform-shelterwood felling contributed to a significant increase in light intensity under the canopy of beech stand (from 1.7-2.2 to 11.1-15.0 thousand lux), which intensified the natural regeneration process. The first cut in the beech forest stand (reducing the density from 0.94 to 0.72) contributed to an increase in the canopy light-throughput capacity of the forest stand from 2.15-2.68 to 13.8-18.7%, which stimulated an increase in the number of self-sown plants.

The results of subsequent inventories of self-seeding and young growth four and six years after the first cut of the uniform-shelterwood felling confirmed the positive effect of illumination on the intensity of the natural regeneration process, as a result of which the number of self-sown plants increased from 0.21 to 9.8 and 12.9 thousand pcs ha⁻¹, and the number of young growth plants increased from 9.07 to 17.1 and 24.4 thousand pcs·ha⁻¹.

The established number of young-growth trees is significantly greater than 15,000 pcs per hectare, which, according to the requirements of the “Rules for Felling...” (2009), provides grounds for conducting the second and final cuts of uniform-shelterwood felling.

Our data correlates with the results of studies by other authors in that a gradual decrease in canopy closure intensifies the process of natural regeneration. Increasing the light-throughput capacity of the parent stand from 2.2 to 18.7% ensures the emergence of self-seeding and an increase in the number of young growth plants over the next 4-6 years.

Key words: beech forest stands; self-seeding; young growth; uniform-shelterwood felling; light intensity; canopy light-throughput capacity.

¹ Pavlo Vandzhurak – PhD candidate. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. E-mail: pavlov.76@ukr.net ORCID: <http://orcid.org/0009-0007-5466-5824>

² Iurii Debryniuk – Full Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Academician-Secretary of the Ukrainian Forestry Academy of Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, Professor at the Department of Forest Crops and Forest Selection. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. E-mail: debrynuk_ju@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0994-349X>

³ Stepan Myklush – Full Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Doctor of Agricultural Sciences, Director of Educational and Research Institute of Forestry and Park Gardening, Professor at the Department of Forest Inventory and Forest Management. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. E-mail: msi_s@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9762-1190>