



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

<http://fasu.nltu.edu.ua>  
<https://doi.org/10.15421/412127>  
Article received 2021.11.10  
Article accepted 2021.12.29

ISSN 1991-606X print  
ISSN 2616-5015 online  
@ ✉ Correspondence author  
Vasyl Lavnyy  
[lavnyy@gmail.com](mailto:lavnyy@gmail.com)

103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine

УДК [630\*945.33 : 630\*24] (477.83)

## Наукові засади створення навчально-виробничого стаціонару «Борщовичі»

В. В. Лавний<sup>1</sup>, Р. Р. Вицега<sup>2</sup>, Р. М. Кравчук<sup>3</sup>, П. Шпатгельф<sup>4</sup>

У лісовому фонді ДП «Львівське лісове господарство» створено навчально-виробничий стаціонар «Борщовичі», щоб дослідити різні способи господарювання у соснових деревостанах. Запропоновано схему розміщення секцій у сосновому деревостані свіжого грабово-дубово-соснового сугруду віком 19 років з різними варіантами інтенсивності та методів рубок догляду. Зокрема, рівномірно по площі таксаційного виділу закладено п'ять секцій розміром 50 × 80 м з 15-метровими буферними зонами між ними. Виконано нумерацію та вимірювання таксаційних показників усіх ростучих дерев діаметром 6,1 см і більше на висоті 1,3 м на кожній секції. Загалом обліковано 5416 дерев, з яких 4870 особин становить *Pinus sylvestris* L. Встановлено лісівничо-таксаційні показники деревостанів на кожній секції, обґрунтовано організаційно-технічні показники очищення на кожній із секцій. При цьому перша секція є контрольною, на якій жодних лісівничих заходів не запроєктовано. Виконано розрахунок кількості дерев, відведених у рубку, об'єм яких забезпечує відповідну інтенсивність рубки (20% – на другій і четвертій, 40% – на третій і п'ятій секціях). На другій секції запроєктовано проведення рубки догляду низовим методом, для чого було відібрано і призначено в рубку 349 дерев сосни звичайної, здебільшого відсталих у рості; на третій секції у рубку призначено 440 дерев, з яких 363 дерева сосни звичайної; на четвертій секції у рубку призначено 183 дерева, з яких 167 дерев сосни звичайної і на п'ятій секції у рубку призначено 298 дерев, з яких 223 дерева сосни звичайної. У натурі виконано підбір таких дерев залежно від їх стану, класу Крафта, категорії технічної придатності та методу рубки (низовий – на другій і третій секціях; верховий – на четвертій і п'ятій секціях). Розраховано динаміку лісівничо-таксаційних показників деревостанів кожної секції до та після рубки. Встановлено, що проведення рубки низовим методом несуттєво впливає на зміну лісівничо-таксаційних показників деревостану, зокрема на середній діаметр та середню висоту. Натомість значно більший вплив та різницю у таксаційних показниках зумовлює проведення рубки верховим методом. Із сукупності залишених дерев виділено дерева майбутнього (65-72 шт. на кожній секції) головних деревних видів (здебільшого – *Pinus sylvestris* L., рідше – *Quercus robur* L.), частка об'ємів яких становить 9,5-12,0% від загального запасу деревостану.

**Ключові слова:** соснові деревостани; рубки догляду; очищення; інтенсивність рубки; дерева майбутнього; стаціонарні дослідження.

<sup>1</sup> Лавний Василь Володимирович – академік Лісівничої академії наук України, доктор сільськогосподарських наук, професор, проректор з наукової роботи. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-098-859-72-07. E-mail: [lavnyy@gmail.com](mailto:lavnyy@gmail.com) ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2069-9026>

<sup>2</sup> Вицега Руслан Романович – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри лісової таксації та лісовпорядкування. Національний лісотехнічний університет України, вул. генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-097-297-34-37. E-mail: [ruslan.vitseha@nltu.edu.ua](mailto:ruslan.vitseha@nltu.edu.ua) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8463-673X>

<sup>3</sup> Кравчук Ростислав Миколайович – кандидат сільськогосподарських наук, директор ботанічного саду. Національний лісотехнічний університет України, вул. генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-097-668-63-34. E-mail: [rmkravchuk@gmail.com](mailto:rmkravchuk@gmail.com)

<sup>4</sup> Шпатгельф Петер – доктор, професор факультету лісу і довкілля. Університет сталого розвитку Еберсвальде, вул. Альфреда Мьоллера, 1, м. Еберсвальде, 16225 Німеччина. Тел. +49-(0)3334-657-171. E-mail: [Peter.Spathelf@hnee.de](mailto:Peter.Spathelf@hnee.de)

**Вступ (Introduction).** *Pinus sylvestris* L. є панівним деревним видом на території України. За матеріалами Держлісагентства України (2021), понад третину лісів країни займають соснові деревостани. Соснові насадження часто трапляються і на Львівщині, зокрема в умовах Малоого Полісся та Розточчя (Генсірук, 2002; Дебринюк, 2003; Сорока, 2008). За останні роки спостережено суттєве погіршення санітарного стану сосняків, зокрема їх всихання (Бородавка, Гетьманчук, Кичилюк, Войтюк, 2016; Жежкун, Порохняч, 2020; Криницький, Крамарець, Мацяк, 2019; Meshkova, & Borysenko, 2018; Мешкова, 2019; Przybylski, Tyburski & Mohytych, 2020). Дослідження вітчизняних і зарубіжних науковців вказують на низку чинників, які мають істотний вплив на ріст і розвиток соснових біоценозів. Передусім важливу роль відіграють ґрунтово-гідрологічні умови (Рибак, 2004; Ambroży & Kapsa, 2019; Długosiewicz, Zajac & Wysocka-Fijorek, 2019; Pretzsch et al., 2015) та кліматичні чинники (Букша І. Ф., Пивовар, Букша М. І., 2011; Коваль, Воронін, 2019; Криницький та ін., 2019; Ткач, Мешкова, 2019; Cedro, A., & Cedro, D., 2018; Elferts, 2007; Lavnyy, & Spathelf, 2018). Водночас безпосередній вплив на формування високопродуктивних стійких соснових деревостанів має режим господарювання в них (Криницький, Лавний, Целень, 2012; Лавний, Шпатгельф, 2016; Яхницький, 2015; Яхницький, Криницький, 2020; Vanach, Kormanek & Jaźwiński, 2020; Gil, 2014). З огляду на це, актуальним є питання своєчасного та якісного проведення рубок догляду в соснових деревостанах. Правильне виконання цього лісівничого заходу покращить склад насаджень, забезпечить формування добре розвинених крон дерев та бажаної просторової структури деревостану загалом, збільшить приріст, покращить технічну якість стовбурової деревини, підвищить біотичну стійкість лісових насаджень.

В Україні розроблено нормативи, які регламентують проведення рубок формування та оздоровлення лісів (Правила поліпшення..., 2007; Санітарні правила..., 2016). Проте вони частково відповідають сьгоднішнім викликам виробництва. Тому існує потреба в удосконаленні (розробленні) нормативної бази, яка враховувала б зазначені вище аспекти, зокрема типологічні особливості конкретного деревостану і вплив біотичних та абіотичних чинників. Розроблення рекомендацій щодо лісогосподарських заходів у сучасних умовах має опиратись на глибокі довготермінові наукові дослідження. Останні доцільно проводити на стаціонарних дослідних об'єктах (Яхницький, 2015; Vytseha, 2020) з урахуванням передового практичного досвіду (Лавний, 2014). З огляду на це, актуальним завданням є створення мережі наукових постійних пробних площ. Власне з таких міркувань і створено навчально-виробничий стаціонар «Борщовичі».

**Мета роботи** – закласти довготривалий експеримент з вивчення впливу рубок догляду (наразі – прочищення) на динаміку таксаційних показників

соснових деревостанів за різної інтенсивності та методу рубки для формування високопродуктивного біотично стійкого деревостану майбутнього.

**Об'єкт дослідження** – сосновий деревостан свіжого грабово-дубово-соснового сугруду у лісовому фонді Борщовицького л-ва ДП «Львівське лісове господарство». **Предмет дослідження** – процес росту соснових деревостанів унаслідок здійснення рубок догляду з різними організаційно-технічними показниками.

**Об'єкти та методика дослідження (Objects and methods).** Дослідження здійснено на території лісового фонду ДП «Львівське лісове господарство». Для цього опрацьовано повидільну базу даних підприємства з метою виявлення таксаційних виділів з домінуванням у складі насадження *Pinus sylvestris* віком до 20 років. За результатами камерального аналізу та натурного обстеження підібрано ділянку в Борщовицькому лісництві (кв. 20, вид. 3) загальною площею 9,0 га з 19-річним сосновим насадженням з незначною участю у складі деревостану інших деревних видів.

У цьому виділі з дотриманням лісотаксаційних вимог (СОУ 02.02-37-476:2006; Гром, 2005) влітку 2020 р. закладено навчально-виробничий стаціонар «Борщовичі». Згідно з положеннями розробленої методики, рівномірно по площі розмірено п'ять рівновеликих секцій розміром 50×80 м. Площу секцій встановлено згідно зі загальноприйнятими статистичними підходами так, щоб забезпечити достатню кількість спостережень (кількість дерев) та отримати достовірні результати (Горошко, Миклуш, Хомюк, 2004). Відповідно до лісотаксаційних вимог (Гром, 2005), на секціях виконано вимірювання лісівничо-таксаційних показників та здійснено суцільну нумерацію дерев з нанесенням порядкового номера дерева фарбою. На кожній секції виконано роздільну нумерацію дерев, починаючи з першого номера. Для кожного дерева вимірювали окружність стовбура на висоті 1,3 м. Обліковували дерева з діаметром 6,1 см і більше. На кожній секції (окрім першої) відібрали гірші дерева, що підлягають зрубуванню. Кількість і статус таких дерев на кожній з секцій визначено індивідуально, залежно від методу рубки (низовий – на другій і третій секціях; верховий – на четвертій і п'ятій секціях) та її інтенсивності за запасом (20% – на другій і четвертій секціях; 40% – на третій і п'ятій секціях). Першу секцію закладено як контроль, тому на ній не запроєктовано жодних лісівничих заходів. З урахуванням життєвості, якості стовбура та розміщення дерев по площі (Лавний, 2014) на кожній секції відібрано дерева майбутнього (М-дерева), в яких виконано обрізування гілок японськими пилками з розкладними ручками «Silky Hayate».

Розрахунок основних лісівничо-таксаційних і статистичних показників здійснено за загальноприйнятими методиками (Горошко, Миклуш, Хомюк, 2004; Нормативно-справочные материалы..., 1987) із застосуванням пакету програм Microsoft

Excel і методів варіаційної статистики. Зокрема, запас деревостану розраховано за основною таксаційною формулою, а видові числа взято із відповідних довідкових матеріалів.

**Результати та обговорення (Results and discussion).** За результатами аналізу повидільної бази даних ДП «Львівське лісове господарство» відібрано низку таксаційних виділів із сосновими молодняками. Проте натурний огляд виявив суттєві відмінності між виділами за трофотопом і гірротопом та неоднорідність насаджень у межах самих виділів. За обраними критеріями для експерименту відібрано соснове насадження Борщовицького лісництва (кв. 20, вид. 3). З урахуванням геометрії таксаційного виділу, розроблено схему розташування секцій навчально-виробничого стаціонару (рис. 1).

Усі секції розташовані послідовно одна за одною у напрямку *південь* → *північ*. Для уникнення впливу на межові дерева секції бокового освітлення з сусідньої секції після здійснення лісгосподарських заходів, між ними створено 15-метрову буферну зону, що приблизно відповідає значенню середньої висоти деревостану. Кожну секцію відмежовано в натурі ділянковими стовпами.

Невідкладним завданням для облаштування навчально-виробничого стаціонару був облік і встановлення таксаційних показників усіх ростучих дерев на кожній секції. За результатами польових

досліджень загалом обліковано та обміряно 5416 дерев, з яких 4870 дерев сосни звичайної (рис. 2).

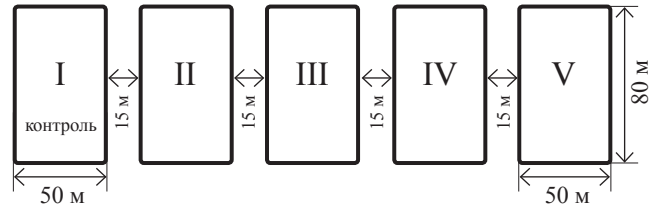


Рис. 1. Схема розташування об'єктів на території навчально-виробничого стаціонару «Борщовичі»

Fig. 1. Scheme of the silvicultural demonstration plot “Borshchovychi”

На всіх секціях стаціонару за кількістю дерев перевагу має *Pinus sylvestris*. Так, на першій секції загальна кількість дерев становить 1060 шт., з яких 1034 дерева сосни, що складає 97,5%. На другій секції частка сосни становить 96,0% від загальної кількості дерев (1230 шт.). На інших секціях частка сосни звичайної є дещо меншою. Зокрема, на четвертій секції її частка становить 89,3%, на третій секції – 85,2%. Найменшу частку за кількістю дерев сосна звичайна має на п'ятій секції – 80,5%. Певну відмінність спостережено і за запасом стовбурової деревини (рис. 3).

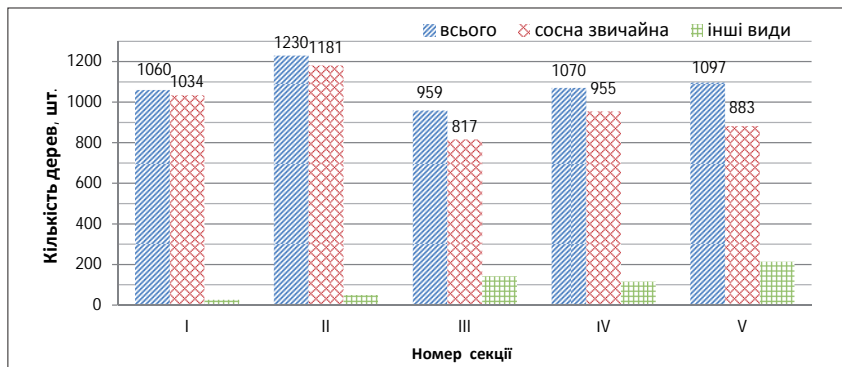


Рис. 2. Кількість ростучих дерев на секціях

Fig. 2. The number of growing trees in the sections

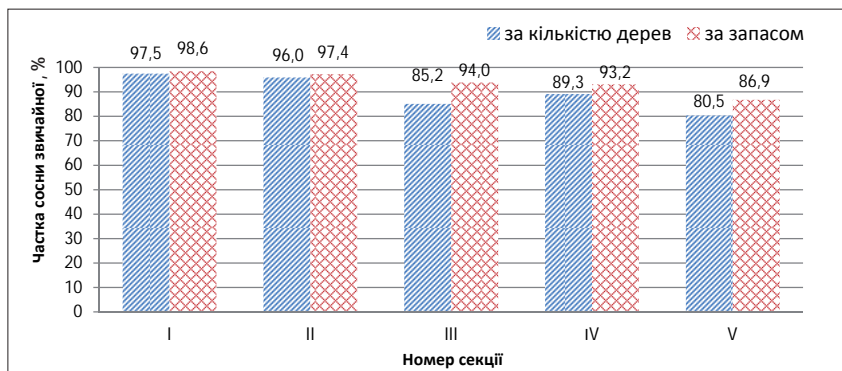


Рис. 3. Порівняння частки *Pinus sylvestris* за кількістю дерев і запасом стовбурової деревини на секціях стаціонару

Fig. 3. Comparison of the share of *Pinus sylvestris* by number of trees and standing volume

За результатами досліджень, на всіх секціях частка сосни звичайної за запасом є дещо вищою порівняно зі значеннями за кількістю дерев і змінюється у межах від 86,9 на п'ятій до 98,6% на першій секції, що зумовлено значною диференціацією дерев хвойного виду за діаметром і висотою.

Окрім *Pinus sylvestris*, у складі деревостану є й інші деревні види. Однак їхня частка за кількістю стовбурів та запасом є значно меншою, що зумовлено розмірними характеристиками особин (здебільшого – це тонкі дерева). Відносний розподіл деревних видів за кількістю наведено у табл. 1.

Встановлено, що на першій секції кількість інших деревних видів є найменшою. Понад 46% від загальної кількості дерев супутніх порід тут займають дерева *Quercus borealis* Michx. та майже 35% – дерева *Carpinus betulus* L. Значно рідше трапляються дерева *Populus tremula* L. і *Quercus robur* L. – 11,5 та 7,7% відповідно. Значно більше різноманіття деревних видів характерне для другої, третьої і п'ятої секцій, на яких ростуть дерева 12 видів. На другій секції майже четвертину дерев представлено *Quercus robur*. Дещо меншу частку становлять дерева *Quercus borealis* (18,4%) та *Carpinus betulus* (16,3). На третій пробній площі серед супутніх дерев домінує *Tilia cordata* Mill., частка якої тут становить 52,1%. Близько 12% дерев становлять *Betula pendula* Roth. та *Salix caprea* L. Для п'ятої секції характерне домінування серед супутніх дерев *Betula pendula*, частка якої становить 51,4%. На четвертій секції, окрім *Pinus sylvestris*, ростуть ще вісім деревних видів, серед яких домінують *Carpinus betulus* (25,2%), *Quercus robur* (23,5%)

та *Betula pendula* (20,9%). Усі інші деревні види займають значно меншу частку і трапляються поодинокі.

Таблиця 1

**Відносна участь інших деревних видів на секціях стаціонару**

Table 1. Distribution of accompanying trees on sections by species

Індекс деревного виду	Частка дерев за секціями, %				
	I	II	III	IV	V
Бп		12,2	12,0	20,9	51,4
Вк		4,1	12,7	6,1	4,2
Вз		4,1	2,1		
Гз	34,6	16,3	4,2	25,2	3,3
Гл		2,0	0,7		0,5
Дз	7,7	24,5	7,0	23,5	7,5
Дч	46,2	18,4	3,5	1,7	5,1
Клг			2,1	9,6	1,4
Лп		8,2	52,1		18,2
Ос	11,5	2,0		2,6	5,1
Чш		6,1	1,4		0,5
Чмх			2,1	10,4	2,8
Яв		2,0			

Примітка. На кожній секції участь інших порід прийнято за 100% без урахування дерев *Pinus sylvestris*

Таблиця 2

**Лісівничо-таксаційні показники деревостанів на секціях стаціонару**

Table 2. Silvicultural and taxation indicators of stands on sections of the demonstration plot

Номер секції	Склад деревостану	Середні		Густота, шт./га	Повнота	Запас, м <sup>3</sup> /га
		Д, см	Н, м			
I	10Сз + Дч, Гз, Ос, Дз	11,2	10,8	2650	0,73	149,1
II	10Сз + Дз, Дч, Гз, Бп, Лп, Чш, Вк, Вз, Ос, Гл	11,5	11,2	3075	0,88	188,2
III	9Сз1Лп + Вк, Бп, Дз, Гз, Дч, Вз, Клг, Чмх, Чш, Гл	12,0	11,1	2398	0,75	161,4
IV	10Сз + Дз, Дч, Гз, Бп, Лп, Чш, Вк, Вз, Ос, Гл	11,7	11,2	2675	0,78	165,6
V	9Сз1Бп + Лп, Дз, Дч, Ос, Вк, Гз, Чмх, Клг, Чш, Гл	11,9	11,5	2743	0,85	182,0

Примітка. Деревостани на всіх секціях характеризуються I<sup>b</sup> класом бонітету

Кількість дерев та їхні розміри безпосередньо впливають на лісівничо-таксаційні показники деревостану, зокрема на його склад, середні діаметр та висоту. Таксаційні показники встановлено для кожного елемента лісу, а за окремими секціями їх узагальнено у табл. 2 (у переведенні на 1 га).

За наведеними у табл. 2 результатами, лісівничо-таксаційні показники деревостанів на окремих сек-

ціях мало відрізняються між собою. Так, у складі деревостану на першій, другій та четвертій секціях сосна звичайна представлена 10 од., натомість на третій і п'ятій секціях у складі деревостану сосна становить лише 9 од. Середній діаметр деревостанів змінюється у межах 11,2-12,0 см. Найбільше його значення спостережено на третій секції. Значення середньої висоти деревостанів ста-

новлять 10,8-11,5 м. Найменший показник спостережено на першій, а найбільший – на п'ятій секціях, що зумовлено значною кількістю особин берези, для якої характерний швидкий ріст і більша висота. Варто відзначити широкий діапазон повнот на секціях. Так, мінімальне значення відносної повноти характерне для першої (0,73), а максимальне – для другої (0,88) секцій. Абсолютні значення повноти безпосередньо вплинули на загальний запас деревостанів кожної секції, який змінюється у межах 149-188 м<sup>3</sup>/га і відповідає тенденціям зміни повноти. Густина деревостану на секціях становить 2398-3075 шт./га.

Для встановлення достовірності отриманих результатів виконано розрахунок основних статистик за діаметром. Оскільки на секціях є досить значна кількість деревних видів, але переважає сосна зви-

чайна, вважаємо за доцільне висвітлити статистику стовбурів цього деревного виду (табл. 3).

Отже, за середнім діаметром сосна звичайна характеризується значною мінливістю. На це вказують значення коефіцієнта варіації, які є подібними на всіх секціях і змінюються у межах 30,15-32,75%. На всіх секціях діаметрам дерев притаманна правостороння асиметрія та від'ємний ексцес, що вказує на розташування більшої кількості варіант праворуч (у бік збільшення) від середнього значення. При цьому всі варіанти приблизно рівномірно розміщені за ступенями товщини (без чітко вираженої концентрації в конкретному ступені). Незважаючи на значну мінливість діаметра, результати експерименту все ж вказують на високу точність дослід, адже значення помилки на жодній із секцій не перевищує допустимого значення і максимально становить 1,10%.

Таблиця 3

Статистичні показники *Pinus sylvestris* за діаметром стовбурів на висоті 1,3 м  
Table 3. Statistical indicators of *Pinus sylvestris* related to dbh (diameter at breast height)

Статистичний показник	Номер секції				
	I	II	III	IV	V
Мінімальне значення	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1
Максимальне значення	20,5	24,9	23,1	24,2	25,3
Середнє значення	10,72±0,10	10,89±0,10	11,91±0,13	11,21±0,11	11,60±0,13
Стандартне відхилення	3,23±0,07	3,35±0,07	3,65±0,09	3,39±0,08	3,80±0,09
Коефіцієнт варіації	30,15±0,72	30,78±0,69	30,65±0,83	30,22±0,75	32,75±0,86
Асиметрія	0,40±0,08	0,47±0,07	0,53±0,09	0,56±0,08	0,63±0,08
Ексцес	-0,47±0,15	-0,32±0,14	-0,18±0,17	-0,08±0,16	-0,04±0,16
Точність дослід	0,94	0,90	1,07	0,98	1,10

Зважаючи на таксаційну характеристику та вік деревостанів, на кожній секції стаціонару запроєктовано провести очищення. Для цього на кожній секції відібрано дерева з урахуванням їхнього стану, класу Крафта, категорії технічної придатності та методу рубки (табл. 4).

Загалом у рубку відведено 1270 дерев, з яких 1101 особин *Pinus sylvestris*. Значно менше відібрано у рубку дерев інших видів, зокрема *Tilia*

*cordata* – 53 дерева, *Betula pendula* – 47 дерев, *Salix caprea* – 33 дерева, *Populus tremula* – 15 дерев, *Quercus robur* і *Quercus borealis* – по 5 дерев, *Acer platanoides* L. – 4 дерева, *Carpinus betulus* і *Padus racemoides* Gilib. – по два дерева і *Ulmus glabra* Huds., *Cerasus avium* (L.) Moench., *Crataegus monogyna* Jacq. – по одному дереву. Така кількість особин забезпечила необхідну інтенсивність рубки (рис. 4).

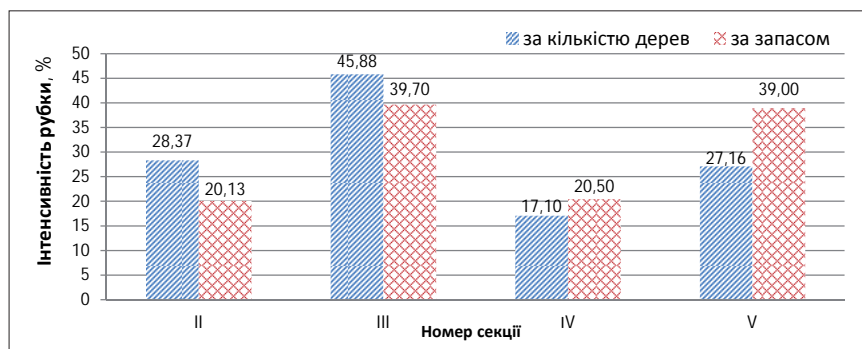


Рис. 4. Інтенсивність рубки на секціях

Fig. 4. Intensity of thinning on sections

Таблиця 4

Кількість дерев, відведених у рубку, шт.

Table 4. The number of trees taken for thinning, pcs.

Індекс елемента лісу	Номер секції				всього
	II	III	IV	V	
Сз	348	363	167	223	1101
Лп		45		8	53
Бп		6	1	40	47
Вк		18	6	9	33
Ос	1		3	11	15
Дз		1	4		5
Дч		1		4	5
Клг			2	2	4
Гз		2			2
Чмх		1		1	2
Взш		1			1
Чш		1			1
Глід		1			1
Разом	349	440	183	298	1270

Отже, за кількістю дерев і запасом стовбурової деревини інтенсивність рубки дещо відрізняється. Проте ми взяли за основу інтенсивність рубки за запасом, яка практично відповідає заявленій (згідно з розробленою методикою) інтенсивності рубки догляду. Така інтенсивність прочищення забезпечує для дерев на кожній секції близький до оптимального світлового режиму і формування відповідної просторової структури деревостану.

Із сукупності залишених дерев виділено дерева майбутнього (табл. 5). До цієї категорії відібрано здорові дерева з добре розвинутою кроною та якісним стовбуром з урахуванням місця у горизонтальній структурі деревостану (розташовані на певній відстані одне від одного). Проте визначальним показником слугувало відношення висоти дерева до його діаметра.

Загалом на кожній секції залишено дерева головних і супутніх деревних видів. До кращих дерев майбутнього віднесено дерева сосни звичайної, лише на третій і четвертій секціях до них належать і кращі дерева дуба звичайного – шість і три особи відповідно. Безпосередньо у природі такі дерева позначено білою фарбою, а в камеральних умовах складено перелікову відомість цих дерев. Частка залишених дерев майбутнього становить 5,4-7,5% за кількістю особин та 9,5-12,0% – за запасом. На цих деревах здійснено обрізування гілок у нижній частині крони, що забезпечить у майбутньому формування повнодеревного стовбура та отримання високоякісної деревини.

Таблиця 5

Репрезентативність дерев майбутнього на секціях стаціонару

Table 5. Distribution of future crop trees on sections of the demonstration plot

Номер секції	Кількість дерев, шт.		Запас стовбурів, м <sup>3</sup>		Частка дерев майбутнього, %	
	всього	дерев майбутнього	усіх дерев	дерев майбутнього	за кількістю	за запасом
II	1230	67	75,3	9,0	5,4	12,0
III	959	72	64,6	7,2	7,5	11,1
IV	1070	69	66,2	7,7	6,4	11,7
V	1097	65	72,4	6,9	5,9	9,5

Восени 2021 р. на стаціонарі виконано прочищення з дотриманням технологічних вимог та викладених вище особливостей його проведення на окремих секціях. На сьогодні здійснення рубки догляду є економічно збитковим для ДП «Львівське лісове господарство», а деякі види робіт (суцільна нумерація дерев, нанесення їхніх номерів, обрізування нижніх гілок у цільових деревах тощо) збільшують видатки на прочищення. Проте вчасне і правильне проведення рубки догляду є запорукою формування у майбутньому біотично стійкого високопродуктивного соснового деревостану.

**Висновки (Conclusions).** Навчально-виробничий стаціонар «Борщовичі» створено для здійснення експериментальних досліджень різних методів проведення рубок догляду в соснових деревоста-

нах. Довготривалі наукові спостереження дадуть змогу отримати вичерпну інформацію щодо особливостей динаміки лісівничо-таксаційних показників соснових деревостанів залежно від методу та інтенсивності рубок догляду. Отримані результати слугуватимуть основою для практичних рекомендацій щодо раціонального проведення рубок догляду в соснових деревостанах у конкретному типі лісорослинних умов з урахуванням кліматичних змін.

Кожна секція навчально-виробничого стаціонару у матеріалах лісовпорядкування виділена як окремий таксаційний виділ. Крім того, стаціонар внесено до переліку моніторингових науководослідних об'єктів Національного лісотехнічного університету України, який слугуватиме експериментальною базою як для науковців та студентів

(під час навчальних і переддипломних практик), так і для виробничників.

**Подяки (Acknowledgements).** Автори висловлюють подяку німецьким колегам з Університету сталого розвитку Еберсвальде за наукову підтримку, Німецькому федеральному міністерству продовольства і сільського господарства – за фінансову підтримку та працівникам Борщовицького лісництва ДП «Львівське лісове господарство» – за технічну підтримку і логістику. Дослідження виконано в рамках міжнародного проєкту «Переформування соснових деревостанів до наближених до природи лісів в Україні з особливим врахуванням стійкості до пожеж та екстремальних погодних умов на засадах інтегрованого менеджменту пожеж (RESILPINE)»<sup>1</sup>.

### Список літератури (References)

- Бородавка, В. О., Гетьманчук, А. І., Кичиліук, О. В., Войтюк, В. П. (2016). Патологічні процеси у всихаючих соснових насадженнях Волинського Полісся. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України: Лісівництво та декоративне садівництво*, 238, 102-118. [Borodavka, V., Getmanchuk, A., Kuchlyuk, O., & Voytyuk, V. (2016). Pathological processes of withering pine stands in Volyn Polissya. *Scientific bulletin of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Series: Forestry and decorative gardening*, 238, 102-118] (in Ukrainian)
- Букша, І. Ф., Пивовар, Т. С., Букша, М. І. (2011). Динаміка дефоліації крон сосни звичайної за результатами моніторингу лісів у Луганській, Сумській і Харківській областях. *Лісівництво і агролісомеліорація*, 118, 49-57. [Buksha, I. F., Pivovar, T. S., & Buksha, M. I. (2011). Dynamics of Scots pine crowns defoliation in Lugansk, Sumy and Kharkiv regions according to results of I level forest monitoring. *Forestry and Forest Melioration*, 118, 49-57. Retrieved from <http://forestry-forestmelioration.org.ua/index.php/journal/issue/view/15/118-pdf>] (in Ukrainian)
- Генсірук, С. А. (2002). *Ліси України*. Львів: НВФ «Українські технології». 496 с. [Hensiruk, S. A. (2002). *Forests of Ukraine*. Lviv: NVF "Ukrainian technologies"] (in Ukrainian)
- Горошко, М. П., Миклуш, С. І., Хомюк, П. Г. (2004). *Біометрія*. Львів: Камула. 236 с. [Goroshko, M. P., Myklush, S. I., & Khomyuk, P. H. (2004). *Biometry*. Lviv: Kamula] (in Ukrainian)
- Гром, М. М. (2005). *Лісова таксація*. Львів: НЛТУ України. 352 с. [Grom, M. M. (2005). *Forest assessment*. Lviv: Ukrainian National Forestry University] (in Ukrainian)
- Дебрінюк, Ю. М. (2003). *Лісокультурне районування Західного Лісостепу*. Львів: Камула. 248 с. [Debryniuk, Yu. M. *Forest-cultural zoning of the Western Forest-Steppe*. Lviv: Kamula. ISBN 966-8343-06-9] (in Ukrainian)
- Жежкун, А. М., Порохняч, І. В. (2019). Особливості всихання соснових деревостанів Чернігівської області. *Соснові ліси: сучасний стан, існуючі проблеми та шляхи їх вирішення: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції*, 115-117. Київ, Україна: Планета-прінт [Zhezhkun, A. M., & Porohnyach, I. V. (2019). Features of dieback of pine stands in Chernihiv region of Ukraine. In Abstracts of the International Scientific and Practical Conference *Pine forests: current status, existing challenges and ways to solve them*, 115-117. Kyiv, Ukraine: Planeta-print] (in Ukrainian)
- Жежкун, А. М., Порохняч, І. В. (2020). Всихання соснових деревостанів Східного Полісся: поширення, наслідки, заходи подолання. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 21, 126-134. [Zhezhkun, A. M., & Porohnyach, I. V. (2020). Dieback of pine stands in Eastern Polissya: distribution, consequences, measures to overcome. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 21, 126-134. <https://doi.org/10.15421/412033>] (in Ukrainian)
- Коваль, І. М., Воронін, В. О. (2019). Реакція радіального приросту *Pinus sylvestris* L. на зміну клімату в насадженнях Лівобережного Лісостепу. *Лісівництво і агролісомеліорація*, 135, 140-148. [Koval, I. M., & Voronin, V. O. (2019). Response of *Pinus sylvestris* L. radial growth to climate change in stands of the Left Bank Forest-Steppe. *Forestry and Forest Melioration*, 135, 140-148. <https://doi.org/10.33220/1026-3365.135.2019.140>] (in Ukrainian)
- Криницький, Г. Т., Крамарець, В. О., Мацяк, І. П. (2019). Лісівничо-екологічні засади збереження соснових лісів. *Соснові ліси: сучасний стан, існуючі проблеми та шляхи їх вирішення: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції*, 42-54. Київ, Україна: Планета-прінт [Krynitskyi, H. T., Kramarets, V. O., & Matsiakh, I. P. (2019). Forestry and ecological principles of pine forests' protection. In Abstracts of the International Scientific and Practical Conference *Pine forests: current status, existing challenges and ways to solve them*, 42-54. Kyiv, Ukraine: Planeta-print] (in Ukrainian)
- Криницький, Г. Т., Лавний, В. В., Целень, Я. П. (2012). Вибіркова система господарювання – теорія, практика і перспектива для України. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України: Лісівництво та декоративне садівництво*, 171 (3), 38-48. [Krynitskyi, H. T., Lavnyy, V. V., & Tselen, Y. P. (2012). Selective silvicultural system – theory, practice and prospects for Ukraine. *Scientific Bulletin of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine: Forestry and ornamental horticulture*, 171 (3), 38-48] (in Ukrainian)

<sup>1</sup> This study was undertaken within the framework of the "RESILPINE" project, which was financially supported by the German Federal Ministry of Food and Agriculture (BMEL) (Grant number: 281-034-01).

- Лавний, В.В. (2014). Досвід проведення рубок догляду в Німеччині. *Наукові основи підвищення продуктивності та біологічної стійкості лісових та урбанізованих екосистем*: матеріали 64-ї науково-технічної конференції професорсько-викладацького складу, наукових працівників, докторантів та аспірантів за підсумками наукової діяльності у 2013 р., 71-74. Львів, Україна: РВВ НЛТУ України [Lavnyy, V.V. (2014). Experience of care thinning in Germany. In Materials of the 64<sup>th</sup> Scientific and technical Conference of Faculty, Researchers, Doctoral Students and Graduate Students on the Results of Scientific Activity in 2013 *Scientific principles of improvement of the productivity and biological stability of Forests and Urban Ecosystems*, 71-74. Lviv, Ukraine: Ukrainian National Forestry University] (in Ukrainian)
- Лавний, В.В., Шпатгелф, П. (2016). Практика наближеного до природи лісівництва у соснових лісах північно-східної Німеччини. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 14, 52-57. [Lavnyy, V.V., & Spathelf, P. (2017). The practice of close to nature silviculture in the pine forests of north-eastern Germany. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 14, 52-57. <https://doi.org/10.15421/411606>] (in Ukrainian)
- Мешкова, В.Л. (2019). Усыхание сосновых лесов Украины с участием короедов: причины и тенденции. *Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии*, 228, 312-335. [Meshkova, V.L. (2019). Decline of pine forest in Ukraine with contribution from bark beetles: causes and trends. *Bulletin of the Sank-Petersburg Forestry Academy*, 228, 312-335. <https://doi.org/10.21266/2079-4304.2019.228.312-335>] (in Russian)
- Нормативно-справочные материалы для таксации лесов Украины и Молдавии.* (1987). Киев: Урожай. 560 с. [Normative and reference materials for forest taxation of Ukraine and Moldova (1987). Kiev: Urozhaj] (in Russian)
- Площі пробні лісовпорядні. Метод закладання.* (2006). СОУ 02.02-37-476:2006. [Чинний від 2007-05-01]. Київ: Мінагрополітики України [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] (in Ukrainian)
- Правила поліпшення якісного складу лісів* (2007): у редакції постанови Кабінету Міністрів України від 12 травня 2007 р., № 724. Київ, Україна [Rules for improving the quality of forests (2007). In the redaction of Decree of Cabinet Minister of Ukraine from 12 Mai 2007, No 724. Kyiv, Ukraine. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/724-2007-%D0%BF#Text>] (in Ukrainian)
- Приходько, О.Б., Пастернак, В.П., Яроцький, В.Ю. (2019). Стан, структура і продуктивність соснових лісів ДП «Лиманське лісове господарство». *Лісівництво і агролісомеліорація*, 135, 24-29. [Prykhodko, O.B., Pasternak, V.P., & Yarotsky, V.Y. (2019). Condition, structure and productivity of pine forests of SE “Lymanske Forestry”. *Forestry and Forest Melioration*, 135, 24-29. Retrieved from [http://nbuv.gov.ua/UJRN/lisam\\_2019\\_135\\_5](http://nbuv.gov.ua/UJRN/lisam_2019_135_5)] (in Ukrainian)
- Рибак, В.О. (2004). Вплив мішаних лісостанів на процеси ґрунтоутворення у свіжих соснових суборах. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*, 71, 27-33. [Rybak, V.O. (2004). Influence of mixed forest stands on soil formation processes in fresh pine stands. *Scientific Bulletin of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*, 71, 27-33] (in Ukrainian)
- Санітарні правила в лісах України* (2016): у редакції постанови Кабінету Міністрів України від 26 жовтня 2016 р. № 756. Київ, Україна [Sanitary Forests Regulations in Ukraine (2016). In the redaction of Decree of Cabinet Minister of Ukraine from 26 October 2016, No 756. Kyiv, Ukraine. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-95-п>] (in Ukrainian)
- Сорока, М.І. (2008). *Рослинність Українського Розточчя*. Львів: Світ. 434 с. [Soroka, M.I. (2008). *The vegetation of Ukrainian Roztochia*. Lviv: Svit] (in Ukrainian)
- Ткач, В.П., Мешкова, В.Л. (2019). Сучасні проблеми формування та відтворення біологічно стійких соснових лісів України в умовах зміни клімату. *Соснові ліси: сучасний стан, існуючі проблеми та шляхи їх вирішення*: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (м. Київ, 12-13 червня 2019 р.), 70-78. Київ, Україна: НАН України [Tkach, V.P., & Meshkova, V.L. (2019). Modern problems of formation and reproduction of biologically sustainable pine forests of Ukraine in the conditions of climate change. In Materials of the International scientific-practical Conference *Pine forests: current status, existing challenges and ways forward*, 70-78. Kyiv, Ukraine: National Academy of Sciences of Ukraine. Retrieved from [https://urifm.org.ua/sites/default/files/tezy\\_sosna19\\_fin.pdf](https://urifm.org.ua/sites/default/files/tezy_sosna19_fin.pdf)] (in Ukrainian)
- Яхницький, В.Й. (2015). Таксаційна характеристика науково-виробничого стаціонару «Великопільський», закладеному в сосново-букових доростанах Страдчівського навчально-виробничого лісокомбінату НЛТУ України. *Наукові основи підвищення продуктивності та біологічної стійкості лісових та урбанізованих екосистем*: матеріали 65-ї науково-технічної конференції професорсько-викладацького складу, наукових працівників, докторантів та аспірантів за підсумками наукової діяльності у 2014 р., 138-142. Львів: Україна: Національний лісотехнічний університет України [Yakhnytskyi, V.Y. (2015). Taxation characteristics of the scientific stationary “Velykopilskyi”, established in the pine-beech tree stands of the Stradchiv wood-packing facility of the Ukrainian National Forestry University. In *Scientific principles of improvement of the productivity and biological stability of forests and urban ecosystems*, 138-142. Lviv: Ukraine: Ukrainian National Forestry University] (in Ukrainian)



- Яхницький, В.Й., Криницький, Г.Т. (2020). Динаміка опадів у сосново-букових деревостанах та її зміни за впливу поступових рубок в умовах Львівського Розточчя. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 21, 60-67. [Yakhnytskyi, V.Y., & Krynytskyu, H. T. (2020). Dynamics of litterfall in pine-beech stands and its changes under the influence of uniform shelterwood felling in the Lviv Roztoczia region. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 21, 60-67. <https://doi.org/10.15421/412026>] (in Ukrainian)
- Ambroży, S., & Kapsa, M. (2019). Odnowienia sosny zwyczajnej *Pinus sylvestris* L. w Karpatach w zależności od żyzności siedliska. *Leśne Prace Badawcze*, 80 (3), 189-200. [Ambroży, S., & Kapsa M. (2019). Regeneration of Scots pine *Pinus sylvestris* L. in the Carpathians depends on site fertility. *Leśne Prace Badawcze*, 80 (3), 189-200. <https://doi.org/10.2478/frp-2019-0017>] (in Polish)
- Banach, J., Kormanek, M., & Jaźwiński, J. (2020). Jakość sosny zwyczajnej, buka zwyczajnego i dębu szypułkowego wyhodowanych z siewu na glebie leśnej o różnym stopniu zagęszczenia. *Leśne Prace Badawcze*, 81 (4), 167-174. [Banach, J., Mariusz Kormanek, M., & Jaźwiński, J. (2020). Quality of Scots pine, European beech and pedunculate oak grown from sowing on soil with different compaction levels. *Leśne Prace Badawcze*, 81 (4), 167-174. <https://doi.org/10.2478/frp-2020-0020>] (in Polish)
- Cedro, A., & Cedro, D. (2018). Wpływ warunków klimatycznych i zanieczyszczenia powietrza na reakcję przyrostową sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) rosnącej w Lasach Miejskich Szczecina. *Leśne Prace Badawcze*, 79 (2), 105-112. [Cedro, A., & Cedro, D. (2018). Influence of climatic conditions and air pollution on radial growth of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in Szczecin's city forests. *Leśne Prace Badawcze*, 79 (2), 105-112. <https://doi.org/10.2478/frp-2018-0011>] (in Polish)
- Długosiewicz, J., Zając, S., & Wysocka-Fijorek, E. (2019). Ocena naturalnego i sztucznego odnowienia drzewostanów sosnowych *Pinus sylvestris* L. w Nadleśnictwie Nowa Dęba. *Leśne Prace Badawcze*, 80 (2), 105-116. [Długosiewicz, J., Zając, S., & Wysocka-Fijorek, E. (2019). Evaluation of the natural and artificial regeneration of Scots pine *Pinus sylvestris* L. stands in the Forest District Nowa Dęba. *Leśne Prace Badawcze*, 80 (2), 105-116. <https://doi.org/10.2478/frp-2019-0009>] (in Polish)
- Elferts, D. (2007). Scots pine pointer-years in north-western Latvia and their relationship with climatic factors. *Acta University Latvia*, 723, 163-170. Retrieved from <http://eeb.lu.lv/EEB/2007/Elferts.shtml>
- Gil, W. (2014). Wpływ więzby sadzenia na wzrost i przeżywalność sosny zwyczajnej w okresie około 40 lat od założenia uprawy w zróżnicowanych warunkach siedliskowych. *Leśne Prace Badawcze*, 75 (2): 117-125. [Gil, W. (2014). The influence of initial spacing on growth and survival of Scots pine in 40 years period of cultivation in varied habitat conditions. *Leśne Prace Badawcze*, 75 (2): 117-125. <https://doi.org/10.2478/frp-2014-0011>] (in Polish)
- Lavnyy, V.V., & Spathelf, P. (2018). Kiefernwälder der Ukraine und ihre Bewirtschaftung. *AFZ der Wald: allgemeine Forstzeitschrift für Waldwirtschaft und Umweltvorsorge*, 17, 37-42. [Lavnyy, V.V., & Spathelf, P. (2018). Pine forests of Ukraine and their management. *AFZ the Forest: general Forest magazine for forestry and environmental Protection*, 17, 37-42] (in German)
- Meshkova, V.L., & Borysenko, O.I. (2018). Prediction for bark beetles caused desiccation of pine stands. *Forestry and Forest Melioration*, 132, 155-161. <https://doi.org/10.33220/1026-3365.132.2018.155>
- Pasternak, V.P., Pryhodko, O.B., Pyvovar, T.S., & Yarotsky, V.Y. (2021). Dynamics of pine stands condition in SE "Lymanske Forestry". *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 21, 68-76. <https://doi.org/10.15421/412027>
- Pretzsch, H., del Rio M., Ammer, Ch., Avdagic, A., Barbeito, I., Bielak, K., ... Bravo-Oviedo, A. (2015). Growth and yield of mixed versus pure stands of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and European beech (*Fagus sylvatica* L.) analysed along a productivity gradient through Europe. *European Journal of Forest Research*, 134 (5), 927-947. <https://doi.org/10.1007/s10342-015-0900-4>
- Przybylski, P., Tyburski, L., & Mohytych, V. (2020). The relationship between height and diameter trees of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and the extent of crown defoliation in the Kampinos National Park. *Folia Forestalia Polonica, Series A – Forestry*, 62 (1), 22-30. <https://doi.org/10.2478/ffp-2020-0003>
- Vytseha, R.R. (2020). Organization of close to nature silviculture object "Mizhhiria". In Proceedings of the IV International Scientific and Practical Conference *Applied Scientific and Technical Research*, 7-9. Ivano-Frankivsk: Vasyl Stefanyk Precarpathian National University. Retrieved from <https://kit.pnu.edu.ua/wp-content/uploads/sites/70/2020/10/ATSU2020.pdf>

### Scientific fundamentals of the establishment of the silvicultural demonstration plot "Borshchovychi"

V. Lavnyy<sup>1</sup>, R. Vytseha<sup>2</sup>, R. Kravchuk<sup>3</sup>,  
P. Spathelf<sup>4</sup>

In the State Forest Enterprise "Lviv" the scientific demonstration plot "Borshchovychi" was created for the study of various methods of Scots pine management.

The scheme of section placement in a stand of fresh hornbeam-oak-pine forest with different options for cutting intensity was proposed. In particular, five 50 × 80 m sections with 15-m buffer zones in between were laid evenly over the area of the taxation unit.

All trees in each section were numbered and their taxation indexes were measured. A total of 5.416 trees were counted, of which 4.870 were Scots pine trees. We calculated silvicultural and taxation indicators of stands in each section.

They differ slightly from each other. Thus, the shares of Scots pine in the standing volume ranges from 86.9% in the fifth section to 98.6% in the first section. The average diameter varies between 11.2-12.0 cm. The values of the average height are in the range of 10.8-11.5 m. The total growing stock of stands in the sections varies between 149.1-188.2 m<sup>3</sup>/ha. The density of the stand in the sections was 2398-3075 pieces/ha.

Pine trees are characterized by a significant variability in trunk diameter. This is indicated by the values of the coefficients of variation, which are approximately equal in all sections and range from 30.15 to 32.75%. Moreover, pine trees are approximately evenly distributed in the degree of thickness (without a clear concentration in a particular degree of thickness). Despite the significant variability

of tree diameter, the results of the experiment indicate a high accuracy, because the error value in any of the sections with a maximum of 1.10% does not exceed the allowable value.

Organizational and technical indicators of thinning in each of the sections are outlined. The first section is the control section, where no measures are planned. The number of trees designated for thinning, and the volume of the different thinning intensities (20% – in the second and fourth sections; 40% – in the third and fifth sections) are calculated. Thus, 349 trees (mainly the undergrowth specimens of Scots pine) are cut in the second section; 440 trees, including 363 Scots pine trees are cut in the third section; 183 trees, including 167 Scots pine trees, are cut in the fourth section and 298 trees, including 223 Scots pine trees, are cut in the fifth section. The selection of these trees on the sample plots was carried out according to their condition, Kraft class, category of technical quality and method of cutting (low thinning – in the second and fourth sections; high thinning or thinning from above – in the third and fifth sections). Stand characteristics of each section before and after the cut were calculated.

It was found that low thinning has no significant effect on the main stand characteristics of the stand after cutting, in particular on the average diameter and average height of the stand. Contrarily, high thinning has a significantly greater impact on taxation indicators of the stand after the intervention. From the totality of the trees left in the sections, future crop trees (65-72 pcs) of the main tree species (mainly Scots pine, less sessile oak) were identified, with a volume share of 9.5-12.0% of the total growing stock.

On the future crop trees, the branches in the lower part of the crown were pruned, which will ensure the formation of a well-tapered trunk and high-quality wood in the future.

**Key words:** pine stands; low thinning; high thinning; intensity of cutting; future crop trees; research on long-term observation plots.

<sup>1</sup> *Vasyl Lavnyy* – Full Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Vice-rector for scientific work. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: +38-098-859-72-07. E-mail: lavnyy@gmail.com ORCID [https:// orcid. org/0000-0003-2069-9026](https://orcid.org/0000-0003-2069-9026)

<sup>2</sup> *Ruslan Vytseha* – PhD in Agricultural Sciences, Docent, Associate Professor at the Department of forestry management. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: +38-097-297-34-37. E-mail: ruslan.vitseha@nltu.edu.ua ORCID: 0000-0002-8463-673X

<sup>3</sup> *Rostyslav Kravchuk* – PhD in Agricultural Sciences, Director of the Botanical Garden. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: +38-097-668-63-34. E-mail: rmkravchuk@gmail.com

<sup>4</sup> *Peter Spathelf* – Professor for Applied Silviculture at Eberswalde University for Sustainable Development. Schicklerstrasse 5, D-16225 Eberswalde, Germany. Tel.: +49(0)3334-657-171. E-mail: Peter.Spathelf@hnee.de