



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

<http://fasu.nltu.edu.ua>
<https://doi.org/10.15421/412514>
Article received 2025.02.07
Article revised 2025.02.14
Article accepted 2025.06.02
Article published 2025.08.29

ISSN 1991-606X print
ISSN 2616-5015 online
@ ✉ Correspondence author
Vasyl Lavnyy
lavnyy@gmail.com
103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine

УДК 630*58 : [630*176.322.6+630*174.754] (477.83)

Лісівничо-таксаційна оцінка мартелоскопів Українського Розточчя

В.В. Лавний¹, Т.В. Юськевич², О.Б. Михайлів³, А.П. Іванюк⁴, Б.З. Нагорняк⁵, П. Шпатгельф⁶

Наведено результати сучасних методів дослідження лісових екосистем – мартелоскопів, закладених у 81-річному сосновому та 88-річному дубовому деревостанах в умовах Українського Розточчя. Здійснено підбір лісових ділянок відповідного віку, складу та повноти; закладання мартелоскопів за унікальною методикою з встановленням просторового розміщення та визначення таксаційних показників кожного дерева; ідентифікацію та інвентаризацію малих і цінних для біорізноманіття структур (мікрооселищ); оцінювання сортиментної структури деревостанів.

Встановлено, що деревостан з перевагою у складі сосни звичайної є високопродуктивним і характеризується середнім діаметром 26,7 см, середньою висотою 25,1 м, абсолютною повнотою 43,2 м²·га⁻¹, відносною повнотою 0,99, I класом бонітету, загальним стовбуровим запасом 491 м³·га⁻¹. Із загального запасу дров'яна деревина становить 31,9, а круглі лісоматеріали складають 68,1%, причому значна частина лісоматеріалів припадає на круглі лісоматеріали класу С (44,3%). Кількість дерев з мікрооселищами на мартелоскопі – 116.

Деревостан з перевагою в складі дуба звичайного є двоярусним і характеризується середнім діаметром 28,1 см, середньою висотою 24,0 м, абсолютною повнотою 36,1 м²·га⁻¹, відносною повнотою 0,95, II класом бонітету, загальним стовбуровим запасом 420 м³·га⁻¹. На відміну від першої ділянки, тут лише 40% деревини належить до категорії ділових круглих лісоматеріалів, серед яких істотно переважають лісоматеріали категорії С і D. Лісоматеріали вищої категорії А та В траплялись лише в окремих деревах. Встановлено 15 різновидів мікрооселищ на 205 деревах (35% від загальної кількості). Досліджені деревостани є репрезентативними для середньовікових деревостанів в умовах свіжого грабово-буково-соснового сугрудю (C₂-г-бк-С) та свіжої грабово-соснової судіброви (C₂-г-с-Д) Українського Розточчя, а закладені мартелоскопи будуть використані для покращення практичної підготовки фахівців лісового господарства.

Ключові слова: сосна звичайна; дуб звичайний; лісознавство; лісівництво; деревостан; мікрооселища.

¹ 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. E-mail: lavnyy@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2069-9026>

² Юськевич Тарас Васильович – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри ботаніки, деревинознавства та недревних ресурсів лісу. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. E-mail: t.yuskevich@nltu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2735-0492>

³ Михайлів Оксана Богданівна – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри лісівництва. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. E-mail: o.mychayliv@nltu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6794-9670>

⁴ Іванюк Андрій Петрович – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри лісових культур і лісової селекції. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. E-mail: a.ivanuk@nltu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1489-4733>

⁵ Нагорняк Богдан Зіновійович – асистент кафедри лісової таксації та лісовпорядкування. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. E-mail: b.nahornjak@nltu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-1184-6375>

⁶ Шпатгельф Петер – кандидат наук, професор факультету лісу і довкілля. Університет сталого розвитку Еберсвальде, вул. Альфреда Мьоллера, 1, м. Еберсвальде, 16225 Німеччина. E-mail: Peter.Spathelf@hnee.de ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0668-2319>

Вступ (Introduction). Мартелоскопи представляють собою прямокутні лісові ділянки площею один гектар, де всі дерева пронумеровані фарбою, нанесені на карту та виміряні за основними таксаційними показниками (рис. 1). Концепція мартелоскопів була розроблена у Франції у 1990 р. (Thormann et al., 2019). Цей термін походить від

французького слова «martelage», що означає відбір дерев, і грецького терміну «skopein» (дивитися), що буквально означає «придивитися до добору дерев». Спочатку ця концепція застосовувалася в основному у приватних лісах, але незабаром її потенціал було визнано для польового навчання працівників лісового господарства і студентів.



Рис. 1. Мартелоскоп у сосновому деревостані Страдчівського НВЛК

Fig. 1. Marteloscope in the Scots pine forest of the Stradch Educational and Production Forest Enterprise of the Ukrainian National Forestry University

Мартелоскоп використовують для того, щоб розглядати різні варіанти проведення рубок догляду у лісі та мати можливість порівняти і обговорити наслідки проріджування чи прохідної рубки на основі конкретних цифр.

У грудні 2024-лютому 2025 рр. мережу мартелоскопів в Україні доповнили ще дві ділянки, закладені в Українському Розточчі. Цей регіон є унікальним за своїм географічним розташуванням і типами лісових формацій.

Українське Розточчя становить систему горбистих гряд завширшки до 20 км, які простягаються від околиць м. Львова до кордону з Республікою Польща і далі простягаються її територією. Загальна довжина гряди Розточчя становить 180 км, з них майже 60 км знаходиться в Україні. Географічне місце регіону є особливим, оскільки знаходиться на стику трьох різних природних областей: Карпат, Полісся і Поділля. Українське Розточчя – це крайній північно-західний виступ Подільської височини. В межах м. Львова проходить розмежування між Розточчям та Опіллям. Територією Розточчя проходить лінія головного європейського вододілу, звідки беруть початок ріки басейнів Чорного і Балтійського морів, від чого і походить назва регіону (Геренчук, 1972).

Розточчя характеризується складною геологічною будовою. Геологічні шари мають полігенну структуру і почленовані системою розломів, що зумовило формування різних форм рельєфу і мозаїчного ґрунтового покриття. Особливістю геології регіону є те, що в далекому історичному минулому

територія Розточчя була вкрита материковим льодовиком, і це відобразилося на характерному для регіону складі рослинності.

Завдяки своєму географічному розташуванню на межі різних кліматичних територій – рівнини Малого Полісся та горбистого пасма Грядового Побужжя, регіон залісненого горбогірського пасма Розточчя репрезентує багатство природних ресурсів. Регіон Розточчя розташований у перехідній зоні від помірно-теплого західноєвропейського до помірно-континентального східноєвропейського клімату. Уся територія зазнає впливу західних повітряних мас, морського полярного та континентального тропічного повітря. Температурні умови і режим зволоження мають найбільше значення для формування ландшафтів (Сорока, 2008).

Основний хребет Розточчя простягається у широтному напрямку майже по межі двох зон – неморальної та бореальної. Бореальні і неморальні види із незначною перевагою останніх беруть майже рівноцінну участь в утворенні лісових рослинних комплексів (Сорока, 2024).

Для інтеграції збереження біорізноманіття в практику лісового господарства у 2020 р. на Львівщині вперше в Україні було розпочато наукові дослідження за програмою «Marteloscope» Європейського лісового інституту.

Переклад каталогу мікрооселищ на деревах [iplus.efi.int/uploads/Tree%20Microhabitat%20Catalogues/Catalogue_TreeMicrohabitats_UA.pdf] українською мовою здійснив професор В.В. Лавний.

Донедавна у західному регіоні України було лише два мартелоскоп-стаціонари. Перший з них розташований в Лапаївському лісництві колишньої філії «Львівське лісове господарство» у мішаному сосновому деревостані віком 75 років. Другий мартелоскоп-стаціонар знаходиться у Великолюбінському лісництві цього ж підприємства в мішаному 80-річному дубовому деревостані.

Станом на 01.05.2025 р. карта мартелоскопів вміщає дані про 267 об'єктів у 27 країнах Європи (*Online platform ... of situations*). Карта інтерактивна і низка таких об'єктів знаходиться в західному регіоні України. Міжнародну програму мартелоскопів координує Європейський лісовий інститут (EFI) з офісу в Бонні (Krumm, Lachat, Schuck, Büttler, & Kraus, 2019), а по об'єктах України контактною особою є професор Василь Лавний.

На цей час у рамках міжнародних наукових проектів «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)» і «Догляд за лісом як передумова формування продуктивних, пожежо- та кліматично стійких лісів в Україні» (ManUk), на території Львівської області вже закладено п'ять мартелоскопів у деревостанах основних лісотвірних деревних видів. Вони слугують для тренування лісівників, студентів та всіх зацікавлених осіб з відведення дерев у рубки догляду. Метою рубок догляду є не лише покращення якісного складу деревостану, але й збереження біорізноманіття. За допомогою спеціального програмного забезпечення на екрані ноутбука можна побачити наслідки відведення дерев у рубку. Доповнення даних мартелоскопів віртуальними турами дасть змогу проводити тренінги не лише в лісі, але й в аудиторних умовах. З огляду на це, *актуальність досліджень* у цьому напрямі є дуже вагомою.

Мета роботи – дослідити стан і структуру деревостанів на мартелоскопах в сосновому та дубовому лісостанах Страдцівського навчально-виробничого лісокомбінату (СНВЛК) Національного лісотехнічного університету України (НЛТУ України).

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

Об'єкт досліджень – оцінювання лісівничо-таксаційних показників 81-річного деревостану з перевагою у складі сосни звичайної у лісовому фонді Лелехівського л-ва та 88-річного деревостану з перевагою у складі дуба звичайного у лісовому фонді Страдцівського л-ва СНВЛК НЛТУ України.

Предмет дослідження – особливості росту та формування мішаних деревостанів з переважаням у складі сосни звичайної та дуба звичайного.

Досягнення поставленої мети роботи передбачає виконання наступних завдань: підбір ділянок відповідного віку, складу та повноти; закладання мартелоскопів зі встановленням просторового розміщення та визначення таксаційних показників кожного дерева; ідентифікація малих і цінних

для біорізноманіття структур (порожнини, травми та рани, відшарування кори, мертва деревина, деформації, епіфіти, гнізда); оцінювання сортиментної структури деревостану.

Мартелоскоп – це квадрат площею 1 га (100 × 100 метрів). Координати кожної ключової точки фіксували в GPS-форматі. Розподіл секцій розміром 50 × 50 м здійснювали за напрямком проти годинникової стрілки, починаючи з північного сходу. Центр кожної секції визначали, використовуючи метод трикутника. Під час цього процесу, за допомогою бусолі в кожній з вершин відкладали кут 45° і протягували мірну стрічку за відповідним напрямком. Далі довжину, яку вимірювали на гіпотенузі трикутника, ділили на два. У нашому випадку це дало результат 35,35 метра. Саме на такій відстані від вершин квадрата було встановлено центр секції. Операцію повторювали по всіх діагоналях кожної секції мартелоскопа.

Після проведених вимірювань на кожній з точок встановлювали віхи. Крім того, секції були чітко обмежені маркувальною стрічкою для полегшення встановлення приналежності кожного дерева до відповідної секції.

Для подальших вимірювань нумерували кожне дерево. Для цього спочатку необхідно підготувати стовбур дерева для нанесення номера фарбою. Оскільки це стаціонарна пробна площа, то фарба повинна бути стійкою впродовж тривалого періоду часу. При цьому брали до уваги, що кора стовбура може відлущуватися, і це призведе до зникнення маркування. У цьому випадку переважали дерева сосни звичайної з грубою корою, яка має властивість доволі швидко відлущуватися. Тому частину кори на стовбурі обережно знімали за допомогою струга, щоб не пошкодити камбій, після чого здійснювали маркування (рис. 2). Для дерев з гладкою корою маркування наносили після очищення стовбура щіткою.

Після відповідної підготовки стовбурів дерев розпочинали їх маркування. На висоті 1,3 метри наносили горизонтальну лінію завдовжки 10 см, вище якої вказували номер дерева та секцію, до якої воно належить (рис. 3). Спочатку всі позначення наносили крейдою, а потім, після повторного огляду всіх дерев секції, наводили їх фарбою.

Після нумерації дерев визначали таксаційні показники кожного дерева. На мартелоскопі обліковували усі живі дерева діаметром від 7 см на висоті 1,3 м. Також визначали GPS-координати стовбура, висоту дерева і висоту початку крони. Діаметри дерев визначали з точністю до 1 мм за допомогою мірної стрічки. Одна особа займала центральну позицію в секції, і, використовуючи прилад VERTEX LASER GEO, вимірювала азимут, відстань до кожного дерева від центру секції, а також висоту дерев та висоту до початку крони. За допомогою програмного забезпечення «Integrate+» отримували просторове розміщення дерев на мартелоскопі та лісівничо-таксаційні показники деревостану (Kraus et al., 2018).



Рис. 2. Підготовлення стовбура дерева сосни звичайної до маркування

Fig. 2. Preparing Scots pine trees for marking



Рис. 3. Маркування дерев фарбою

Fig. 3. Marking trees with paint

Крім таксаційних досліджень, візуальне обстеження кожного дерева дало можливість встановити наявність мікрооселищ. Для цього використано каталог, розміщений на сайті Європейського лісового інституту (Kraus et al., 2016). Каталог пропонує доступну методику для ідентифікації малих і цінних для біорізноманіття структур (порожнини, травми та рани, відшарування кори, мертва деревина, деформації, епіфіти, гнізда, потоки живиці тощо), які можуть слугувати притулком для різної флори та фауни (рис. 4).



Рис. 4. Мікрооселища на мартелоскопі

Fig. 4. Microhabitats on the marteloscope



Ці дані є вихідним матеріалом для розуміння значення середовища існування для кожного дерева на мартелоскопі. Оцінювання сортиментної

структури деревостану, встановлення вартості ділової і дров'яної деревини проводили за методикою та актуальними цінами ДП «Ліси України».

Результати досліджень (Results).

Перша мартелоскоп-проба закладена у деревостані, що за лісівничо-екологічною типологією відноситься до типу лісу свіжий грабово-буково-сосновий сугруд (C₂-г-бкС) (Ткач, Тарнопільська, Орлов, 2024). Структура досліджуваного деревостану в межах мартелоскопу наведена на

рис. 5. На ділянці обліковано 768 дерев. Основні лісівничо-таксаційні показники деревостану наведені в табл. 1. За даними розрахунків, розташування дерев на пробній площі характеризується випадковим типом; горизонтальні проекції крон дерев вкривають значну частину пробної площі, що свідчить про високу повноту деревостану.

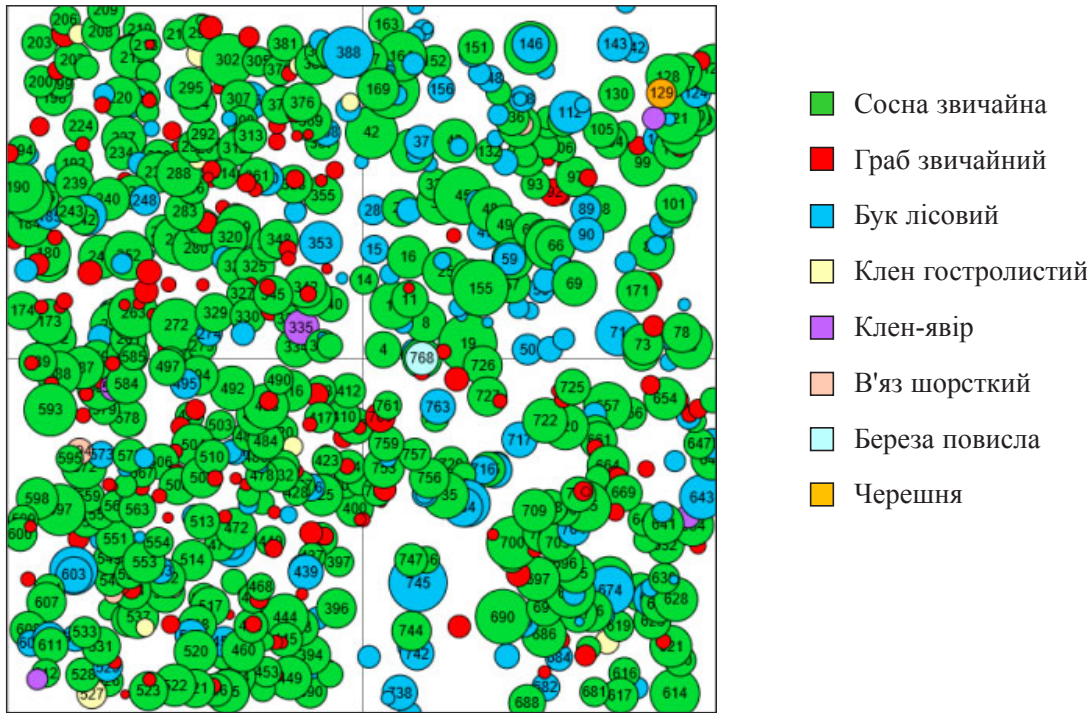


Рис. 5. Схема розташування дерев на мартелоскопі в сосновому деревостані
Fig. 5. Scheme of tree distribution on the marteloscope in the Scots pine forest

Таблиця 1. Лісівничо-таксаційні показники соснового деревостану
Table 1. Silvicultural and measurement indicators of the Scots pine stand

Склад	Вік, р.	Клас бонітету	Елемент лісу	Відносна повнота	Середні		Абс. повнота, м ² ·га ⁻¹	Запас, м ³ ·га ⁻¹	К-сть дерев, шт./га
					діаметр, см	висота, м			
8Сз2Бкл+ Гз, Клг, Яв	81	І	Бук лісовий	0,20	22,8	22,0	7,8	81	187
			Граб звичайний	0,13	14,1	16,0	3,1	24	201
			Сосна звичайна	0,63	33,5	26,8	31,7	377	359
			Клен гостролистий	0,01	19,4	19,6	0,3	3	11
			Клен-явір	0,01	22,6	23,0	0,2	3	6
			В'яз шорсткий	0,00	20,0	19,8	0,1	1	3
			Береза повисла	0,00	29,9	26,4	0,0	1	1
			Черешня	0,00	26,4	21,9	0,0	1	1
Разом				0,99	26,7	25,1	43,2	491	769

У досліджуваному деревостані спостережено певні відмінності щодо таксаційних показників окремих деревних видів. Зокрема, суттєво відрізняються значення середнього діаметра сосни звичайної порівняно з іншими деревними видами.

Відмінність же за середніми висотами між деревними видами виражена не настільки чітко. Зокрема, середня висота бука лісового, граба звичайного, клена гостролистого є лише дещо нижчою, ніж середня висота дерев сосни звичайної. Відмінність

за середніми діаметром і висотою безпосередньо вплинула на запаси деревини вказаних видів і, відповідно, і на склад деревостану. Запас стовбурової деревини досліджуваного деревостану становить

491 м³·га⁻¹. Таким чином можна стверджувати, що деревостан за участю сосни звичайної є продуктивним, що підтверджено також і класом бонітету (рис. 7).

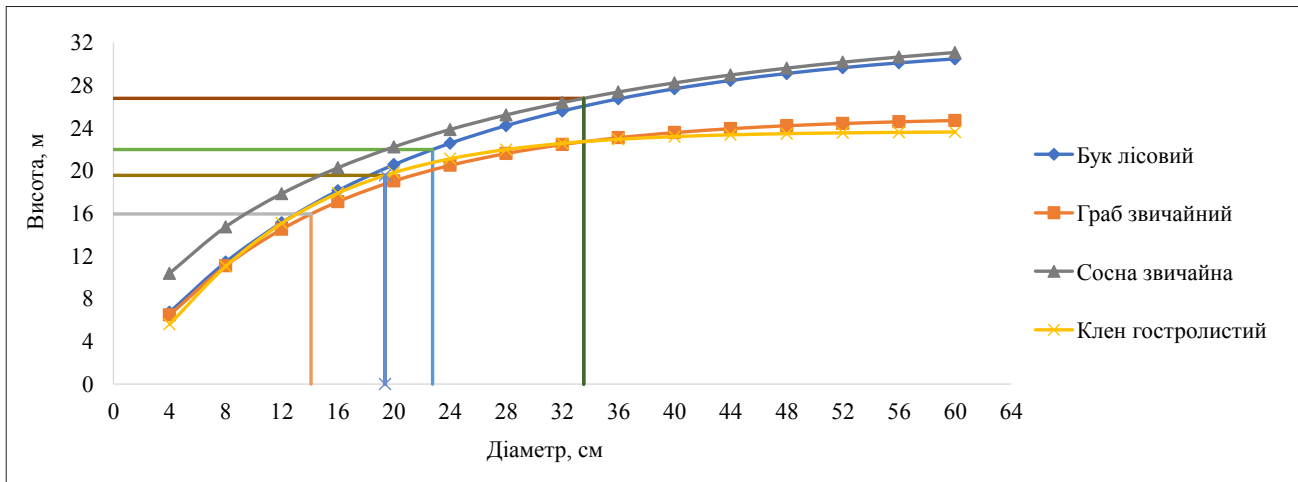


Рис. 6. Залежність між діаметром та висотою дерев на мартелоскопі у сосновому деревостані

Fig. 6. Dependence between tree diameter and height on the marteloscope in the Scots pine stand

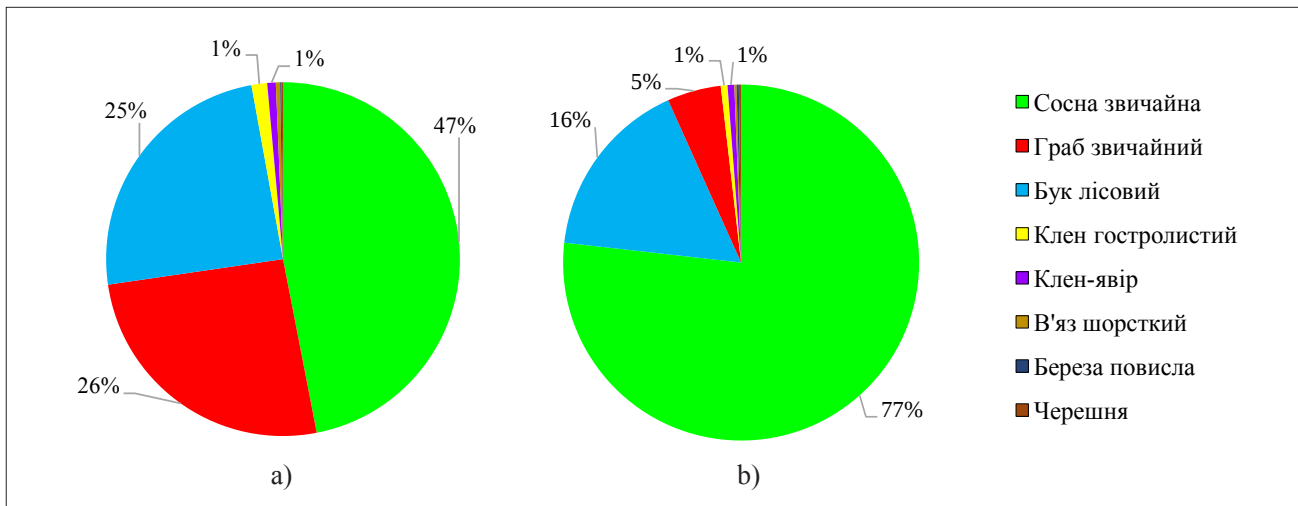


Рис. 7. Структура соснового деревостану за кількістю дерев (а) та за запасом (б)

Fig. 7. Structure of the Scots pine forest stand by number of trees (a) and by growing stock (b)

Загальновідомо, що запас деревостану зумовлений низкою чинників, зокрема його будовою, віковою диференціацією та особливостями господарської діяльності. Тому отримані результати підтверджують необхідність постійного моніторингу досліджуваних деревостанів та розроблення шляхів їх ефективного використання.

Для комплексного оцінювання досліджуваного соснового деревостану встановлено його сортиментну структуру (табл. 2).

За отриманими результатами, із загального запасу 491 м³·га⁻¹ дров'яна деревина становить 31,9, а круглі лісоматеріали – 68,1%. При цьому значна частина запасу припадає на круглі лісоматеріали класу С (44,3%). Своєю чергою, круглі лісомате-

ріали класу D становлять 19,4%, класу В – 3,9%, а класу А – лише 0,5%.

Паралельно із дослідженнями з вивчення запасу та сортиментної структури деревостану, проведено спостереження щодо наявності мікрооселищ у сосновому деревостані. Як відомо, мікрооселища – це дрібні середовища існування, які утворюються у лісових екосистемах. Зокрема, це гнізда птахів, порожнини у стовбурах, дендротельми, галереї комах та ходи личинок, тріщини і розколювання, раки і нарости, плодові тіла грибів тощо. Мікрооселища сприяють підвищенню біорізноманіття лісу, що базується на різноманітності умов існування для різних видів організмів (грибів, мікроорганізмів, комах, птахів тощо). Збереження та забез-

печення функціональності мікрооселищ є вагомою складовою наближеного до природи лісівництва, оскільки вони є ключовими компонентами для збереження видового біорізноманіття (Courbaud et al., 2021). Результати спостережень наведено на рис. 8.

За отриманими результатами потрібно відмітити досить багате різноманіття мікрооселищ у

досліджуваному сосновому деревостані, з яких доволі поширеними є дупла на скелетних гілках та кореневих лапах, що слугують місцем для існування різних видів організмів. Також необхідно відзначити і наявність доволі великої кількості зламів стовбурів із відкритою серцевиною, що частково погіршує якість майбутніх сортиментів і зменшує дохід лісогосподарського підприємства.

Таблиця 2. Сортиментна структура соснового мартелоскопу

Table 2. Assortment structure of the Scots pine marteloscope

Елемент лісу	Кількість дерев, шт.	Круглі лісоматеріали, м ³				Дров'яна деревина, м ³	Запас деревини, м ³
		A	B	C	D		
Бук лісовий	187	0,4	1,7	9,6	10,9	58,4	81
Граб звичайний	201	–	–	–	0,2	23,8	24
Сосна звичайна	359	2,0	17,6	207,3	83,5	66,6	377
Клен гостролистий	11	–	–	0,2	0,2	2,6	3
Клен-явір	6	–	–	–	0,1	2,9	3
В'яз шорсткий	3	–	–	–	–	1,0	1
Береза повисла	1	–	–	0,3	0,2	0,5	1
Черешня	1	–	–	–	–	1,0	1
Разом	769	2,4	19,3	217,4	95,1	156,8	491
%		0,5	3,9	44,3	19,4	31,9	100

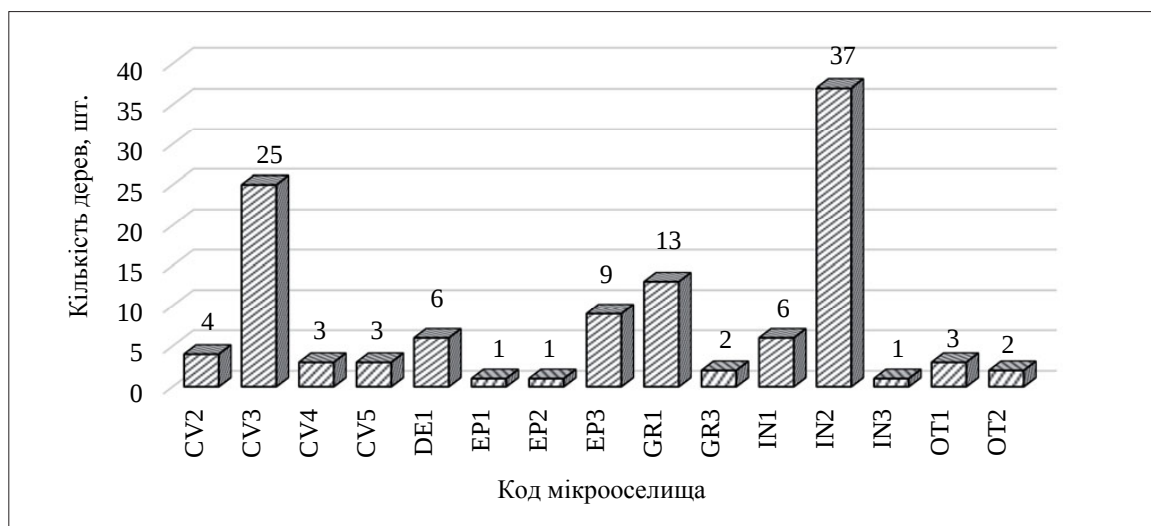


Рис. 8. Кількість дерев з мікрооселищами на мартелоскопі у сосновому деревостані

Fig. 8. Number of trees with microhabitats on the marteloscope in the Scots pine stand

Примітки. CV2 – порожнини у стовбурах; CV3 – дупла на гілках; CV4 – дентротельми і наповнені водою дупла; CV5 – галереї комах та ходи личинок; IN1 – втрата кори, відкрита заболонь; IN2 – відкрита серцевина, злами стовбурів і крони; IN3 – тріщини і розколювання; DE1 – мертві гілки, мертва деревина крони; GR1 – дупла у кореневих лапах; GR3 – рак і нарости; EP1 – плодові тіла грибів; EP2 – міксоміцети; EP3 – епіфітні крипто- і фанерограми; OT1 – потоки соку і живиці; OT2 – мікрогрунти.

Note. CV2 – cavities in trunks; CV3 – holes in branches; CV4 – dendrotelms and water-filled holes; CV5 – insect galleries and larval tunnels; IN1 – bark loss, exposed sapwood; IN2 – exposed pith, broken trunks and crowns; IN3 – cracks and splits; DE1 – dead branches, dead crown wood; GR1 – hollows in root spurs; GR3 – cancer and outgrowths; EP1 – fruiting bodies of fungi; EP2 – myxomycetes; EP3 – epiphytic crypto- and phanerogams; OT1 – sap and resin flows; OT2 – microsoils.

Загалом досліджуваний сосновий деревостан характеризуються високими показниками продуктивності, є середовищем численних мікрооселищ, що забезпечує збереження видового біорізноманіття.

Наступна мартелоскоп-проба закладена у деревостані, що представляє зональний тип європейських широколистяних лісів. За лісівничо-екологічною типологією ділянка належить до типу

лісу свіжа грабово-соснова судіброва (C₂-г-сД) (Ткач, Тарнопільська, Орлов, 2024).

Просторове розміщення стовбурів дерев у межах мартелоскопу наведено на рис. 9. На ділянці пронумеровано 580 дерев, що на 25% менше ніж на мартелоскопі у сосновому деревостані. Основні лісівничо-таксаційні показники дубового деревостану наведено в табл. 3.

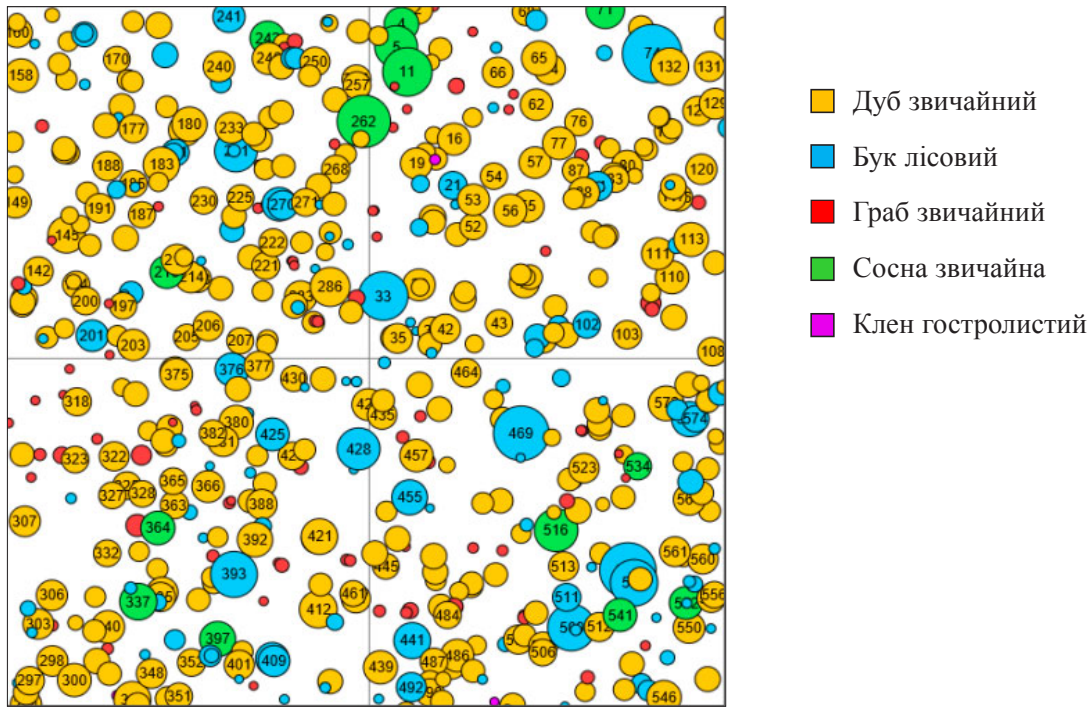


Рис. 9. Схема розташування дерев на мартелоскопі в дубовому деревостані

Fig. 9. Scheme of tree distribution on the marteloscope in the oak stand

У видовій структурі даного деревостану 58% дерев припадає на дуб звичайний, 24% – бук лісовий і 15% – граб звичайний із невеликою домішкою сосни звичайної та граба звичайного (рис. 10). Основна частка дерев дуба звичайного має діаметр 30 см, а середній діаметр на ділянці становить 31 см. Це більший діаметр ніж у бука лісового, але поступається сосні звичайний, у якої середній діаметр дорівнює 48 см. У висотній

структурі панівним видом є дуб звичайний, а співпанівним – бук лісовий, який у цьому типі лісу поступається за кількістю дерев. Проте окремі дерева бука перевершують висоту дуба звичайного. Якщо розмах висоти дерев дуба знаходиться в межах 6-31 м, то окремі дерева бука досягали максимальної висоти 33,8 м (рис. 11). У деревостані найбільшу середню висоту має також сосна звичайна, якої на пробній площі обліковано 14 дерев.

Таблиця 3. Лісівничо-таксаційні показники дубового деревостану
Table 3. Silvicultural and measurement indicators of the oak stands

Склад	Вік, р.	Клас бонітету	Елемент лісу	Відносна повнота	Середні		Абс. повнота, м ² ·га ⁻¹	Запас, м ³ ·га ⁻¹	К-сть дерев, шт./га
					діаметр, см	висота, м			
7Дз2Бкл1Сз + Гз	88	II	Бук лісовий	0,19	25,6	21,0	7,3	78	141
			Граб звичайний	0,05	12,0	12,5	1,0	6	87
			Дуб звичайний	0,66	31,0	24,9	25,2	305	335
			Сосна звичайна	0,05	48,4	27,6	2,6	31	14
			Клен гостролистий	0,00	10,8	12,7	0,0	0	3
Разом				0,95	28,1	24,0	36,1	420	580

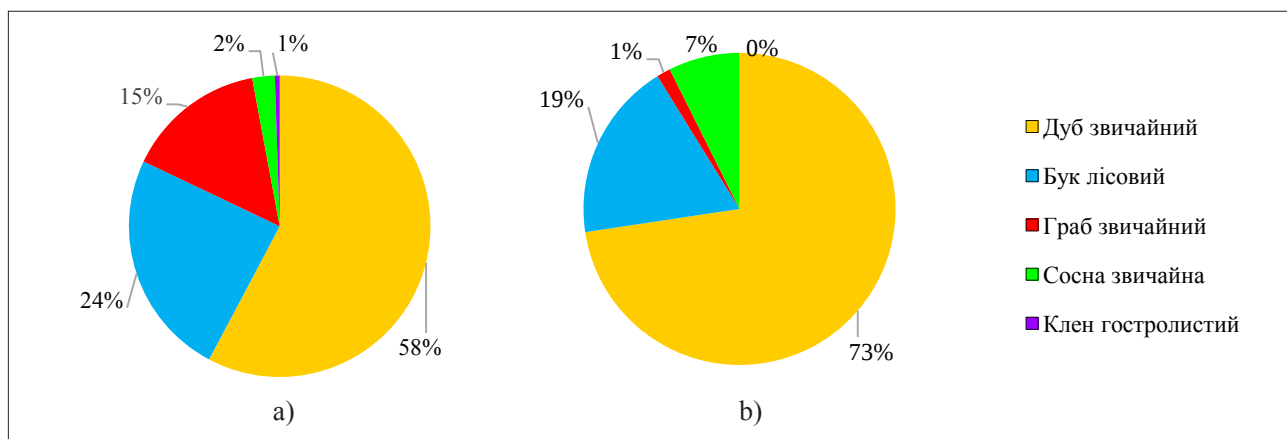


Рис. 10. Структура дубового деревостану за кількістю дерев (а) та за запасом (б)

Fig. 10. Structure of the oak stands by number of trees (a) and by stock (b)

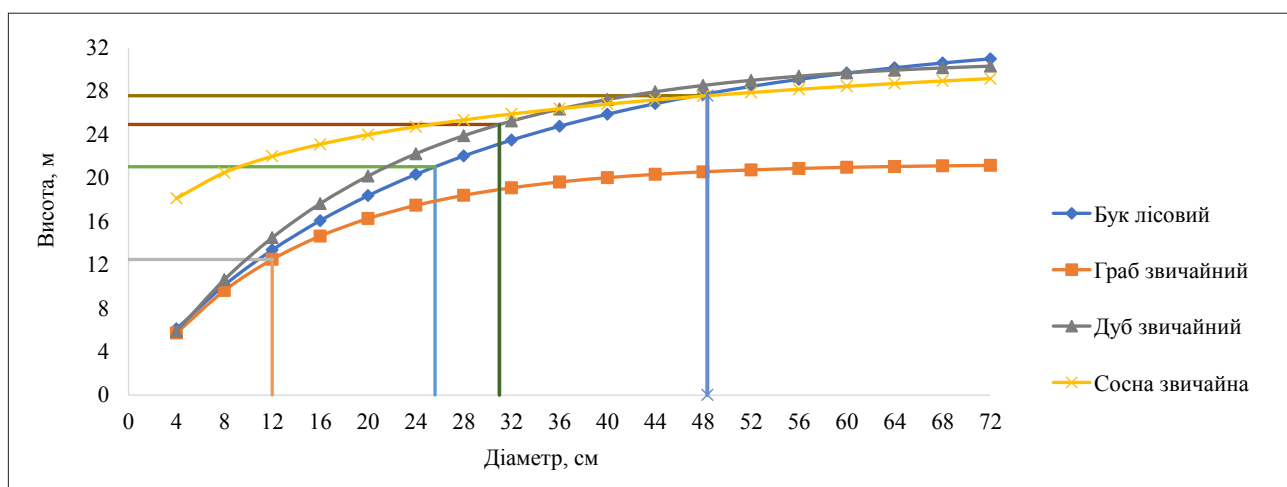


Рис. 11. Залежність між висотою та діаметром дерев на мартелоскопі у дубовому деревостані

Fig. 11. Dependence of tree diameter and height on the marteloscope in the oak stand

За основними біометричними показниками дубовий деревостан дещо поступається сосновому. Зокрема, він має менший запас, густоту, а також нижчий клас бонітету. Проте тут більшим є середній діаметр.

На ділянці мартелоскопу в дубовому лісостані також відбирали дерева з мікрооселищами. Загалом було виділено 205 таких дерев (35% від загальної кількості), на яких встановлено 15 різно-

видів оселищ (рис. 12). Найбільше дерев (113 шт.) відмічено з дуплами в кореневих лапах. Також поширеними є гнізда в кронах дерев (21 дерево), дендротельми і дупла у відземковій частині стовбура наповнені водою (19 дерев), а також відкриті рани та зламані стовбури (13 дерев).

Об'єктивним показником товарності деревостану під час ведення господарства в ньому є сортиментна структура (табл. 4).

Таблиця 4. Сортиментна структура дубового деревостану

Table 4. Assortment structure of the oak stand

Елемент лісу	Кількість дерев, шт.	Круглі лісоматеріали, м ³				Дров'яна деревина, м ³ ·га ⁻¹	Запас деревини, м ³ ·га ⁻¹
		A	B	C	D		
Бук лісовий	141	—	1,1	10,8	7,2	58,9	78
Граб звичайний	87	—	—	—	—	6,0	6
Дуб звичайний	335	—	7,2	41,2	79,6	177,0	305
Сосна звичайна	14	0,9	2,6	9,6	7,6	10,3	31
Клен гостролистий	3	—	—	—	—	0,1	0
Разом	580	0,9	10,9	61,6	94,4	252,2	420



Рис. 12. Кількість дерев з мікрооселищами на мартелескопі у дубовому деревостані

Fig. 12. Number of trees with microhabitats on the martelescope in the oak stand

Примітки. CV2 – порожнини у стовбурах; CV3 – дупла на гілках; CV4 – дентротельми і наповнені водою дупла; CV5 – галереї комах та ходи личинок; IN1 – втрата кори, відкрита заболонь; IN2 – відкрита серцевина, злами стовбурів і крони; IN3 – тріщини і розколювання; DE1 – мертві гілки, мертва деревина крони; GR1 – дупла у кореневих лапах; GR3 – раки і нарости; EP1 – плодові тіла грибів; EP2 – міксоміцети; EP3 – епіфітні крипто- і фанерограми; NE – гнізда.

Note. CV2 – cavities in trunks; CV3 – holes in branches; CV4 – dendrotelms and water-filled holes; CV5 – insect galleries and larval tunnels; IN1 – bark loss, exposed sapwood; IN2 – exposed pith, broken trunks and crowns; IN3 – cracks and splits; DE1 – dead branches, dead crown wood; GR1 – hollows in root spurs; GR3 – cancer and outgrowths; EP1 – fruiting bodies of fungi; EP2 – myxomycetes; EP3 – epiphytic crypto- and phanerogams; NE1 – nests.

Найчастіше з причини низько опущених крон та незадовільного очищення стовбурів від сучків лише 40% деревини належить до категорії ділових круглих лісоматеріалів, серед яких істотно переважають лісоматеріали сортів С і D. Лісоматеріали сортів А та В траплялись лише в окремих деревах.

Аналіз за деревними видами засвідчує, що в бука лісового круглі лісові матеріали становлять лише 24% від загального запасу. Решту визначено

як дров'яну деревину. Серед дерев дуба звичайного круглі лісоматеріали становлять 42% від запасу. Найкращу якість стовбурів мають дерева сосни звичайної. У них на ділову деревину припадає 67% запасу. На пробних площах ростуть дерева, які характеризуються певною варіабельністю як за діаметром, так і за висотою. У зв'язку з цим виконано розрахунок основних статистичних показників (табл. 5, 6).

Таблиця 5. Статистики розподілу деревостанів за діаметром

Table 5. Statistics of the distribution of tree stands by diameter

Пробна площа	Статистичні показники								
	Середнє значення	Ліміти		Розмах варіації	Дисперсія	Коефіцієнт варіації	Точність	Асиметрія	Екссес
		min	max						
1	24,6 ^{±0,37}	7,0	52,9	45,9	107,92 ^{±3,89}	42,2 ^{±1,03}	1,52	0,25 ^{±0,09}	-0,82 ^{±0,18}
2	25,3 ^{±0,51}	7,0	76,3	69,3	150,54 ^{±6,25}	48,6 ^{±1,48}	2,02	0,49 ^{±0,10}	0,56 ^{±0,20}

Таблиця 6. Статистики розподілу деревостанів за висотою

Table 6. Statistics of the distribution of tree stands by height

Пробна площа	Статистичні показники								
	Середнє значення	Ліміти		Розмах варіації	Дисперсія	Коефіцієнт варіації	Точність	Асиметрія	Експес
		min	max						
1	22,1 ^{±0,22}	4,9	37,7	32,8	37,55 ^{±1,36}	27,8 ^{±0,58}	1,01	-0,23 ^{±0,09}	-0,48 ^{±0,18}
2	20,6 ^{±0,28}	4,0	33,8	29,8	44,53 ^{±1,85}	32,5 ^{±0,82}	1,35	-0,54 ^{±0,10}	-0,85 ^{±0,20}

Отже, варіаційний ряд за діаметрами представлений значеннями від 7,0 до 76,3 см, а висоти коливаються в межах 4,0-37,7 м. Розмах варіації для

діаметрів складає 45,9-69,3 см, а для висот – 29,8-32,8 м. При цьому вибірку сформовано з гетерогенних рядів і для розрахунку взято практично два

покоління у досліджуваних деревостанах. Отримані позитивні значення коефіцієнта асиметрії вказують на помірну правосторонню асиметрію. Значення асиметрії ряду діаметра свідчить про більшу кількість нижчих значень варіант. При цьому для ряду висот отримані від'ємні значення (-0,23 – -0,54), що вказує на помірну лівосторонню асиметрію (табл. 6). Це означає, що більшість варіант сконцентрована праворуч від середнього значення, тобто спостерігається більша кількість вищих значень варіант.

Щодо ексцесу, то в ряді за діаметром і за висотою спостережено від'ємне значення в межах -0,48 – -0,85, що вказує на відсутність гострого піку в розподілі даних та низьку ймовірність екстремальних відхилень. Дані меншою мірою сконцентровані навколо середнього значення і цей розподіл є більш розтягнутим та рівномірним. Наведені результати можуть бути корисними у процесі подальших досліджень та у випадку побудови моделі для опису досліджуваної сукупності.

Дискусія (Discussion).

Еволюція соціальних очікувань зумовила трансформацію управлінських цілей, що знайшло своє відображення у концептуалізації багатофункціонального ведення лісового господарства (Gustafsson et al., 2012; Kraus, & Krumm, 2013; Messier et al., 2014; Aggestam, 2024). Інтегроване управління лісовими ресурсами передбачає врахування численних екосистемних послуг без надання пріоритету заготівлі деревини (Kraus, & Krumm, 2013; Aggestam, 2024). Впровадження подібних стратегій нерідко стикається зі складнощами, зумовленими необхідністю балансування між протилежними інтересами. Зокрема, задоволення комерційного попиту на деревину часто вступає в конфлікт з проблемами охорони біорізноманіття, оскільки ведення лісового господарства, орієнтованого на максимізацію обсягів деревини, призводить до однорідності лісових насаджень, дефіциту старовікових дерев і мертвої деревини, що, натомість, негативно впливає на біорізноманіття та стійкість лісових екосистем (Messier, Puettmann, & Coates, 2014).

Концепція наближеного до природи лісівництва передбачає інтеграцію природоохоронних цілей шляхом збереження біотичних структур під час заготівлі деревини, зокрема дерев, що формують специфічні мікросередовища існування (Gustafsson et al., 2012). Однак збереження таких дерев, які можуть мати високу комерційну вартість, супроводжується економічними втратами, що вимагає пошуку компромісів між виробничими та екологічними цілями. Незважаючи на наявність нормативних стимулів до інтеграції цих підходів, їх практична імплементація залишається складною (Aggestam, 2024).

Попри те, що відбір дерев у рубки безпосередньо впливає на структурну різноманітність лісостанів, лише останнім часом набули поширення дослідження поведінкових аспектів прийняття рішень у цьому процесі, які демонструють значний вплив індивідуального досвіду, суб'єктивних уподобань

і професійної підготовки (Spinelli et al., 2016). Автори дослідили динаміку змін у підходах до маркування дерев до і після проходження спеціалізованого навчання, встановивши, що менш досвідчені працівники лісогосподарських підприємств легше адаптуються до нових методик відведення дерев у рубки догляду, тоді як досвідчені лісівники демонструють нижчу гнучкість у цьому процесі.

Класичні підходи до аналізу управлінських рішень у лісовому господарстві ґрунтувалися на припущенні раціональної оптимізації корисності лісогосподарських заходів (Yousefpour et al., 2012), де чітко визначені цілі та є повна інформаційна база. Проте в реальних умовах ці передумови часто не реалізуються через складність, динамічність і довготривалість екосистемних процесів. Відтак, дедалі ширше застосовуються багатокритеріальні моделі, які враховують плюралізм цілей та інтересів зацікавлених сторін (Segura et al., 2014), хоча й вони потребують стабільного оцінювання ймовірностей різних сценаріїв розвитку (Yousefpour et al., 2012).

Тренінги на мартелоскопах слугують місцем для дискусій і сприяють діалогу лісівників та екологів, зокрема в аспекті збереження біорізноманіття лісів (Schuk et al., 2024).

Загалом процес прийняття рішень у лісовому господарстві є багатовимірним, зумовленим численними когнітивними, соціальними та культурними чинниками. Такий підхід обґрунтовує необхідність ширшого застосування якісних соціально-наукових методів для дослідження поведінкових аспектів управлінської діяльності у лісівництві (Bennett et al., 2017; Charnley, Fischer, & Jones, 2007). Попри наявність значної кількості загальних досліджень за цією проблемою, саме досліджень експериментального напрямку є недостатньо.

У цьому контексті здійснені нами дослідження дають змогу започаткувати і впроваджувати концепцію мартелоскопів на теренах Українського Розточчя.

Висновки (Conclusions).

1. Концепція мартелоскопів розроблена для польового навчання працівників лісового господарства та студентів. Завдяки наявності повної характеристики кожного дерева на мартелоскопі, можна змодельовати різні сценарії проведення рубок догляду в лісі та мати можливість порівняти і обговорити їхні наслідки. Крім того, існує змога щодо порівняння економічного та екологічного ефектів від відбору в рубку окремого дерева.

2. Розроблене програмне забезпечення «I+ software» дає змогу оцінювати економічні та екологічні наслідки віртуального відводу дерев у заплановану рубку. На мартелоскопах можна виконувати практичні вправи з відбору дерев у рубки догляду за різними сценаріями і стратегіями ведення лісового господарства. За правильного підходу можна заготовляти достатню кількість деревини, одночасно забезпечивши збереження біорізноманіття та виконання лісами усіх корисних функцій.

3. Мережа демонстраційних площ (мартелоскопів) надає унікальні можливості для зацікавлених груп щодо отримання інформації «з перших рук» про практичні підходи стосовно інтеграції аспектів збереження біорізноманіття у лісах з одночасною заготівлею певних обсягів деревини.

4. Буково-соснові та сосново-дубові ліси Українського Розточчя є корінними лісовими угрупованнями з високим рівнем біорізноманіття. Досліджені лісостани репрезентують середньовікові деревостани в умовах свіжих грабово-буково-соснових сугрудів та свіжих грабово-соснових судібров регіону, а закладені мартелоскопи будуть використані для якісної практичної підготовки фахівців лісового господарства. Закладені мартелоскопи доповнили базу даних Міжнародної програми «Integrate+» Європейського лісового інституту.

Конфлікт інтересів (Conflicts of Interest).

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Список літератури (References)

- Aggestam, F. (2024). *European Forest Policy and Governance: An Integrative Analytical Framework*, London: Routledge. ISBN: 9781003198987. <https://doi.org/10.4324/9781003198987>
- Bennett, N.J., Roth, R., Klain, S.C., Chan, K., Christie, P., Clark, D.A., ... & Wyborn, C. (2017). Conservation social science: Understanding and integrating human dimensions to improve conservation. *Biological Conservation*, 205, 93-108. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.10.006>
- Charnley, S., Fischer, A.P., & Jones, E.T. (2007). Integrating traditional and local ecological knowledge into forest biodiversity conservation in the Pacific Northwest. *Forest Ecology and Management*, 246(1), 14-28. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378112707002745>
- Courbaud, B., Larrieu, L., Kozak, D., Kraus, D., Lachat, T., Ladet, S., ... Zudin, S. (2021). Factors influencing the formation rate of tree related microhabitats and implications for biodiversity conservation and forest management. *Journal of Applied Ecology*, 59(2), 492-503. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.14068>
- Gustafsson, L., Baker, S., Bauhus, J., Beese, W., Brodie, A., Kouki, J., ... Franklin, J. (2012). Retention forestry to maintain multifunctional forests: a world perspective. *BioScience*, 62(7), 633-645. <https://doi.org/10.1525/bio.2012.62.7.6>
- Herenchuk, K.I. (1972). *Nature of Lviv Region*. Lviv: Lviv University Publishing House. https://geoknigi.com/book_view.php?id=648 [Геренчук, К.І. (1972). *Природа Львівської області*. Львів: Вид-во Львів. ун-ту, 150 с.] (in Ukrainian)
- Kraus, D., & Krumm, F. (Eds.). (2013). *Integrative approaches as an opportunity for the conservation of forest biodiversity*. Joensuu: European Forest Institute. <https://research.edgehill.ac.uk/ws/portalfiles/portal/20073515/InFocus-Integrate-complete-final.pdf>
- Kraus, D., Bütler, R., Krumm, F., Lachat, T., Larrieu, L., Mergner, U., ... Winter, S. (2016). *Catalogue of tree microhabitats. Reference field list*. Integrate+ Technical Paper No. 13, 16 p. http://iplus.efi.int/uploads/Tree%20Microhabitat%20Catalogues/Catalogue_TreeMicrohabitats_UA.pdf [Kraus, D., Mergner, U., Schuck, A., Krumm, F., & Haussmann, T. (2016). Integrate+: Wieviel Naturschutz kann der bewirtschaftete Wald leisten? *Der Dauerwald – Zeitschrift für naturgemäße Waldwirtschaft*. Ausgabe 54, 33-38. [Integrate+: How much nature conservation can managed forests provide?] https://www.researchgate.net/publication/307979989_Integrate_Wieviel_Naturschutz_kann_der_bewirtschaftete_Wald_leisten] (in German)
- Kraus, D., Schuck, A., Krumm, F., Bütler, R., Cosyns, H., Courbaud, B., ... Zudin, S. (2018). *Seeing is building better understanding – the Integrate+ Marteloscopes*. Report number: 26:3, Affiliation: Integrate+. https://www.researchgate.net/publication/323018962_Seeing_is_building_better_understanding_-_the_Integrate_Marteloscopes
- Krumm, F., Lachat, T., Schuck, A., Bütler, R., & Kraus, D. (2019). Marteloscope als Trainingstools zur Förderung und Erhaltung von Habitatbäumen im Wald. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 170(2), 86-93. <https://doi.org/10.3188/szf.2019.0086>
- Marteloscopes and data – Integrate+ Store – Iplus*. Retrieved from <http://iplus.efi.int/marteloscopes-data.html/>
- Messier, C., Puettmann, K.J., & Coates, K.D. (2014). *Managing forests as complex adaptive systems: Building resilience to the challenge of global change*. London: Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203122808>
- Online platform for learning tree marking in a variety of situations*. Retrieved from <https://martelage.sylvotheque.ch/>
- Schuck, A., Kraus, D., Krumm, F., Varis, S., Zudin, S., & Suominen, T. (2024). *The Integrate+ software for virtual training exercises in forest stands*. Integrate Network Paper. 30 p. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10570207>
- Segura, M., Ray, D., & Maroto, C. (2014). Decision support systems for forest management: A comparative analysis and assessment. *Computers and Electronics in Agriculture*, 101, 55-67. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2013.12.005>
- Soroka, M.I. (2008). *Vegetation of the Ukrainian Roztochchya*. Lviv: Svit. ISBN 978-966-603-560-1 [Сорока, М.І. (2008). *Рослинність Українського Розточчя*. Львів: Світ. 434 с.] (in Ukrainian)
- Soroka, M.I. (2024). Latitudinal differentiation of forest vegetation in the Roztochchya natural region. In *Close-to-nature forestry: problems and prospects: proceedings of International Scientific and practical Conference*. Kyiv, 137-138. Kyiv: National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u184/tezy_

- april_25_kyiv_nubip_1.pdf [Сорока, М.І. (2024). Широтна диференціація лісової рослинності природного регіону Розточчя. *Наближене до природи лісівництво: проблеми та перспективи*: тези доповідей учасників всеукраїнської наук.-практ. конф., Київ: НУБіП України, 137-138] (in Ukrainian)
- Spinelli, R., Magagnotti, N., Pari, L., Soucy, M. (2016). Comparing Tree Selection as Performed by Different Professional Figures. *Forest Science*, 62(1), 213-219. <https://doi.org/10.5849/forsci.15-062>
- Thormann, J.J., Allenspach-Schliessbach, K., Bugmann, H., Frehner, M., Junod, P., Rosset, C., & Kühne, K. (2019). Bedeutung von Marteloscopen für Praxis und Lehre in der Schweiz. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 170(2), 60-68. [Importance of marteloscopes for practice and teaching in Switzerland] <https://doi.org/10.3188/szf.2019.0060> (in German)
- Tkach, V.P., Tarnopilska, O.M., Orlov, O.O. (2024). *Types of forest formations of Ukraine in the system of European classifications*: Kharkiv: Madrid Printing House. ISBN 978-617-8254-23-0. <https://doi.org/10.33220/2024.978-617-8254-23-0> [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)
- Yousefpour, R., Jacobsen, J.B., Thorsen, B.J., Meilby, H., Hanewinkel, M., Oehler, K. (2012). A review of decision-making approaches to handle uncertainty and risk in adaptive forest management under climate change. *Annals of Forest Science*, 69, 1-15. <https://annforsi.biomedcentral.com/articles/10.1007/s13595-011-0153-4>

Forest-mensuration indicators of marteloscopes in the Ukrainian Roztochia

V. Lavnyy¹, T. Yuskevych², O. Mykhayliv³, A. Ivaniuk⁴, B. Nagorniak⁵, P. Spathelf⁶

Integrated forest resource management involves taking into account numerous ecosystem services without giving priority to timber harvesting. The implementation of such integrative strategies often faces difficulties due to the need to balance conflicting interests. In particular, meeting commercial demand for timber often comes into conflict with biodiversity protection issues, since management focused on maximizing timber volumes results in the homogeneity of forest structures, the shortage of old trees and dead wood, which negatively affects the species composition and stability of ecosystems. In order to integrate biodiversity conservation into forestry practice, in 2020, scientific research was launched in Lviv region for the first time in Ukraine under the international program “Marteloscope” of the European Forest Institute (EFI), which as of May 01, 2025 includes data on 267 sites in 27 European countries.

The results of modern methods of research on forest ecosystems – marteloscopes, established in 81-years-old Scots pine and 88-years-old pedunculate oak stands in the conditions of the Ukrainian Roztochia are presented. The selection of demonstration plots of appropriate age, composition and stand density was carried out; the marteloscopes were established using a unique method with the establishment of spatial location and determination of measurement indicators of each tree; also, identification and inventory of small and valuable microhabitats for biodiversity conservation were performed; assessment of the assortment structure and timber grades of stands was made.

It is found that the stand with a predominance of Scots pine is highly productive and is characterized by an average diameter of 26.7 cm, an average height of 25.1 m, an absolute stand density of 43.2 m²·ha⁻¹, a relative stand density of 0.99, a site class I, and a total growing stock of 491 m³·ha⁻¹. Of the total growing stock, firewood accounts for 31.9%, and round wood accounts for 68.1%, with a significant proportion of the timber falling on round wood of class C (44.3%). The number of trees with microhabitats on the marteloscope is 116.

The stand with a predominance of pedunculate oak is two-layered and is characterized by an average diameter of 28.1 cm, an average height of 24.0 m, an absolute stand density of 36.1 m²·ha⁻¹, a relative stand density of 0.95, a site class II, and a total growing stock of 420 m³.

Key words: Scots pine; pedunculate oak; forest ecology; silviculture; forestry; microhabitats.

¹ *Vasyl Lavnyy* – Full Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Vice-president of the FAS of Ukraine, Doctor of Agricultural Sciences, Vice Rector for Research. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. E-mail: lavnyy@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2069-9026>

² *Taras Yuskevych* – PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor, Department of Botany, Wood Science and Non-Wood Forest Products. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. E-mail: t.yuskevich@nltu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2735-0492>

³ *Oksana Mykhayliv* – PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor, Department of Silviculture. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. E-mail: o.mykhayliv@nltu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6794-9670>

⁴ *Andrii Ivaniuk* – PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor, Department of Forest Planting and Breeding. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. E-mail: a.ivanuk@nltu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1489-4733>

⁵ *Bogdan Nagorniak* – Assistant Department of Forest Inventory and Forest Management. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. E-mail: b.nahornjak@nltu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-1184-6375>

⁶ *Peter Spathelf* – Professor for Applied Silviculture at Eberswalde University for Sustainable Development. Schicklerstrasse 5, D-16225 Eberswalde, Germany. E-mail: Peter.Spathelf@hnee.de ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0668-2319>