

ЕКОЛОГІЯ

УДК 63018:630114:502.1 (234.421.1)

doi: 10.25128/2078-2357.25.4.3

¹С. Ю. СІДАК , ²І. Я. КАПРУСЬ 

¹Львівський національний університет імені Івана Франка
вул. Університетська, 1, Львів, 79000

²Державний природознавчий музей НАН України
вул. Театральна, 18, Львів, 79008
E-mail: St.sidak@gmail.com

ЕКОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ДЕРЕВНИХ МІКРООСЕЛИЩ СТАРОВІКОВИХ ЛІСІВ СХІДНИХ КАРПАТ: МОРФОМЕТРІЯ, ГІДРОТЕРМІЧНИЙ РЕЖИМ І КИСЛОТНІСТЬ СУБСТРАТУ

Сучасні підходи до оцінки структурної складності лісових екосистем дедалі частіше базуються на аналізі деревних мікрооселищ (Tree-related Microhabitats, TreMs), які розглядають як індикатори екологічної цілісності лісу. Незважаючи на активізацію досліджень у цьому напрямі, дані щодо структури TreMs у пралісових екосистемах Українських Карпат залишаються фрагментарними.

Метою дослідження було описати типологічну, морфометричну та екологічну характеристики деревних мікрооселищ у старовікових букових і смерекових лісах Карпат та проаналізувати їх мікрокліматичні параметри. Польові дослідження проведено у 2024 році на чотирьох ділянках старовікових лісів: у межах НПП «Карпатський» (Говерляньський ПОНДВ, 2 ділянки), НПП «Бойківщина» (схили хребта Бучок), а також пралісовій пам'ятці природи «Праліси і квазіпраліси Ганьковицького лісництва». Об'єктами дослідження були мікрооселища на буку звичайному (*Fagus sylvatica* L.) та ялині європейській (*Picea abies* (L.) H.Karst.).

Усього виявлено 72 деревні мікрооселища, які віднесено до 8 типів. Переважали порожнини в кореневих лапах, тріщини стовбура, отвори в стовбурі (без контакту з ґрунтом), злами стовбура та первинний ґрунт по 16,7 % кожне мікрооселище. Великі кормові дупла дятлів виявлені виключно на стовбурах ялини європейської (ДВН 39–79 см, стадія розкладу III), тоді як дендротельми характерні переважно для бука європейського (IV-V стадія розкладу).

Морфометричний аналіз показав, що формування більшості мікрооселищ пов'язане з деревами значного діаметра (переважно понад 50 см ДВН) та пізніми стадіями деструкції деревини (IV-V), що узгоджується з концепцією структурної зрілості лісів. Температурний режим TreMs характеризувався вузькою амплітудою (13–17°C), що підтверджує їх буферну функцію. Мінімальні температури зафіксовано у порожнинах, які контактують з ґрунтом, максимальні – у відкритих тріщинах стовбура.

Водневий показник варіював у межах 4,29–7,44, що відображає складні біохімічні процеси мінералізації та гуміфікації. Кислі значення рН характерні для зламів і тріщин (активність ксилотрофних грибів), тоді як нейтральні показники спостерігали у мікрооселищах



©2025 С. Ю. Сідак та співавт. Стаття відкрита для доступу та розповсюджується на умовах ліцензії [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), яка дозволяє необмежене використання, розповсюдження та відтворення на будь-якому носії за умови належного цитування оригінальної роботи.

із ґрунтовим контактом, що зумовлено буферною дією мінерального субстрату. Відносна вологість демонструвала максимальні значення у дендротельмах та порожнинах із ґрунтовим контактом, тоді як у кормових дуплах дятлів зафіксовано низьку вологість та високу аерацію.

Ключові слова: деревні мікрооселища (TreMs), сапроксильні організми, старовікові ліси, фауна, таксономічний склад, біорізноманіття, угруповання, Українські Карпати, охорона безхребетних тварин, *Fagus sylvatica*, *Picea abies*.

Після публікації фундаментальної праці М. Спейта [17], присвяченої сапроксильним безхребетним і питанням їх збереження, у природоохоронній науці суттєво зросло розуміння ролі мертвої деревини як одного з найважливіших оселищ для рідкісних і зникаючих лісових видів у глобальному масштабі [11, 16]. Це сприяло впровадженню різноманітних підходів до збільшення кількості мертвої деревини в лісах, а також виділенню спеціальних охоронних територій не лише в природних екосистемах бореальних і помірних лісових зон, але й у лісах господарського призначення [8, 18].

Дослідження показують, що деревні мікрооселища можуть формуватися як на живих деревах, так і на мертвій деревині. Мікрооселища на деревах поділяють на сапроксильні та епіксиллові. Серед сапроксильних мікрооселищ виділяють такі: дупла дятла, отвори у стовбурах, дупла на гілках, дендротельми і подібні порожнини; серед мікрооселищ, що є епіксилловими – порожнини у кореневих лапах, омела, ракові та інші нарости, плодові тіла грибів, гнізда птахів, мікроґрунти [9]. Особливо важливу роль відіграють старовікові дерева, які здатні поєднувати кілька типів мікрооселищ і тим самим формувати екологічно різноманітне та функціонально автономне середовище [14, 20]. Формування деревних мікрооселищ є типовим явищем для пралісів і найчастіше відбувається у повалених деревах чи у стовбурах, пошкоджених природним шляхом або внаслідок діяльності комах і грибів, а також у процесі старіння дерев.

З огляду на відмінності між деревами щодо тривалості життя та стійкості до кліматичних чинників і шкідників, швидкість їх розкладання й, відповідно, формування (TreMs) може істотно змінюватися навіть у межах одного виду й вікової групи, а також може залежати від умов місцезростання [12, 13]. Водночас через відносну новизну досліджень, присвячених TreMs, і обмежену кількість даних із пралісових екосистем, сучасні уявлення про різноманіття та структуру цих мікрооселищ у господарських і природних лісах залишаються фрагментарними [8, 12, 13].

Матеріали та методи досліджень

Польові дослідження деревних мікрооселищ проведено на таких чотирьох острівних ділянках старовікових лісів: схили гори Бучок Боринського лісового господарства (травень, 2024), Ганьковицьке лісництво (червень, 2024) та дві ділянки на території Карпатського національного природного парку, а саме територія Говерляньського ПОНДВ неподалік метеостанції «Пожижевська» та біля Черногірського географічного стаціонару (серпень-вересень, 2024) [2, 3, 4].

Деревні мікрооселища відбирали за принципом наявності в них субстрату або в місці контакту з ґрунтом. Рівень деградації мертвої деревини фіксували за п'ятибальною шкалою [19], яка ґрунтується на фізичному опорі й описує 5 стадій розкладання деревини.

На дослідних ділянках визначали види живих дерев та вимірювали діаметр стовбура на висоті 1,3 м (DBH – Diameter at breast height) [10].

Для кожного типу деревних мікрооселищ проводили вимірювання основних екологічних параметрів: рН, температуру (°C) та відносну вологість (%). Заміри проводили цифровим детектором ґрунту [21].

Результати досліджень та їх обговорення

Усього на чотирьох дослідних ділянках було зафіксовано 72 деревні мікрооселища які належать до 8 типів (табл. 1). До прикладу, у статті, присвяченій порівнянню деревних мікрооселищ лісів Українських Карпат та Каспійсько-Гірканських мішаних лісів, було виділено 11 підгруп мікрооселищ на деревах та 47 типів [15].

Зазначаємо, що у процесі дослідження мікрооселищ бука (*Fagus sylvatica*) та ялини (*Picea abies*) виявлено, що великі кормові дупла дятлів були тільки на ялині і формуються вони на

деревах значного діаметру. А дендротельми притаманні для бука через специфіку архітектури крони та здатність кори утримувати воду, на відміну від хвойних дерев (рис. 1).

Таблиця 1

Характеристика досліджених деревних мікрооселищ

Код мікрооселища	Назва типу мікрооселища та шифр	Кількість
Карпатський НПП (Говерлянський ПОНДВ)		
CV14	Великі кормові дупла дятлів (К.Д.Д.)	3
GR12	Порожнини в корневих лапах (К.Л.)	6
IN32	Тріщини стовбура (Т. С.)	6
CV22	Отвори (порожнини) у стовбурі, що контактують з ґрунтом (О.С. з.к.)	6
CV24	Отвори (порожнини) у стовбурі, що не контактують з ґрунтом (О.С. б.к.)	6
IN22	Злам стовбура (З.С.)	6
OT22	Первинний (піонерний) ґрунт (П.С.)	6
НПП Бойківщина (схили гори Бучок)		
GR12	Порожнини в корневих лапах (К.Л.)	3
IN32	Тріщини стовбура (Т. С.)	3
CV24	Отвори (порожнини) у стовбурі, що не контактують з ґрунтом (О.С. б.к.)	3
IN22	Злам стовбура (З.С.)	3
OT22	Первинний (піонерний) ґрунт (П.С.)	3
Ганьковицьке лісництво (Свяляське ЛГ)		
GR12	Порожнини в корневих лапах (К.Л.)	3
IN32	Тріщини стовбура (Т. С.)	3
CV24	Отвори (порожнини) у стовбурі, що не контактують з ґрунтом (О.С. б.к.)	3
IN22	Злам стовбура (З.С.)	3
OT22	Первинний (піонерний) ґрунт (П.С.)	3
CV42	Дендротельма (Д.)	3
Всього	8	72

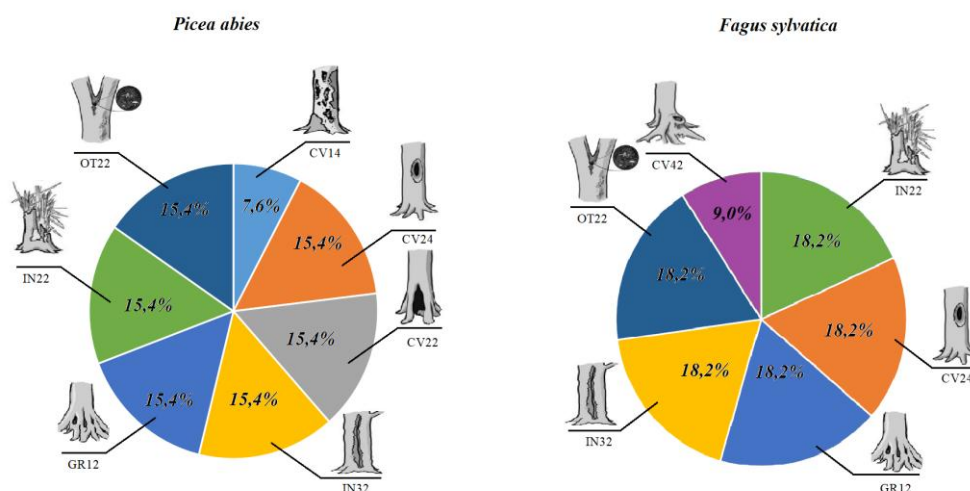


Рис. 1. Розподіл деревних мікрооселищ за типами для бука звичайного (*Fagus sylvatica*) та ялини європейської (*Picea abies*).

Результати проведеного дослідження свідчать про високу гетерогенність екологічних умов у деревних мікрооселищах *Fagus sylvatica* та *Picea abies*. Морфометричні параметри, зокрема діаметр стовбура та стадія розкладу, є визначальними факторами для формування мікрокліматичного режиму (табл. 2).

Характеристика деревних мікрооселищ за типами для бука звичайного (*Fagus sylvatica*) та ялини європейської (*Picea abies*)

Шифр деревного мікрооселища	<i>Fagus sylvatica</i>			<i>Picea abies</i>		
	Висота над рівнем поверхні, см	Діаметр стовбура дерева, см	Стадія розкладу деревини/ ґрунт	Висота над рівнем поверхні, см	Діаметр стовбура дерева, см	Стадія розкладу деревини/ ґрунт
К.Д.Д.	-	-	-	105–164	39–79	III
К.Л.	0–8	52–78	ґрунт	0	35–62	ґрунт
Т.С.	0–315	48–86	IV	0–200	39–64	V-IV
О.С. з.к.	-	-	-	0	66–86	ґрунт + V
О.С. б.к.	0–124	54–78	V	48–160	49–88	IV
З.С.	6–27	-	III-V	2–25	-	III-V
П.С.				36–66		V
Д.	26–58	52–71	IV-V	3–21	-	-

Наявність великих кормових дупел дятлів виключно на ялині (*Picea abies*) на висоті понад 100 см узгоджується з літературними даними про вибірковість дятлових (Picidae) щодо хвойних порід із ознаками внутрішньої гнилі [7]. Стадія розкладу деревини IV-V у більшості порожнин вказує на тривалий процес трансформації органічної речовини, що сприяє накопиченню первинного ґрунту. Згідно з дослідженнями, такі мікрооселища стають стабільними осередками біорізноманіття, що підтверджено нашими спостереженнями у Карпатському регіоні [5, 6].

Температурний режим у мікрооселищах залишається відносно стабільним (13–17°C), виконуючи функцію «термічного буфера» (рис. 2). Максимальні температури зафіксовані у тріщинах стовбура на другій ділянці КНПП, що може бути пов'язано з південною експозицією. Мінімальні значення температури у порожнинах, що контактують з ґрунтом, та первинному ґрунті на стовбурі підтверджують охолоджувальний вплив ґрунту на пристовбурні мікрооселища [18].

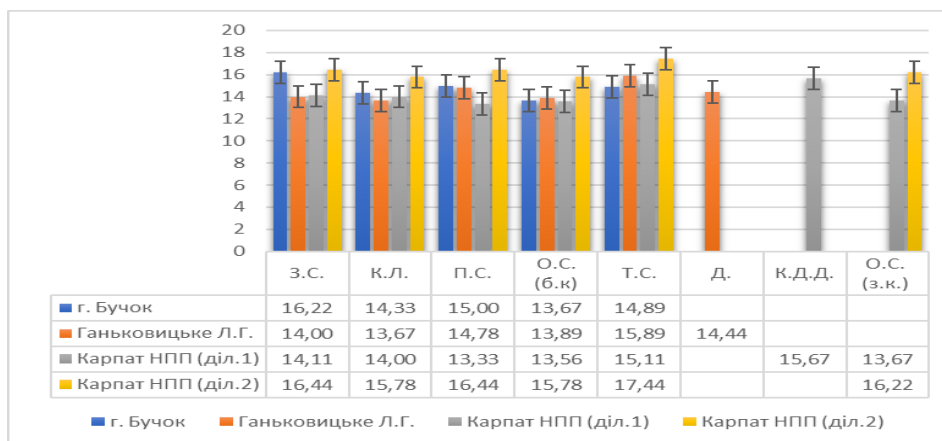


Рис. 2. Температурний показник деревних мікрооселищ.

Варіабельність рН (від 4,29 до 7,44) відображає складні біохімічні процеси в субстраті (рис. 3). Низькі значення рН у зламах стовбурів та отворах на окремих ділянках можуть бути наслідком інтенсивної діяльності ксилотрофних грибів, які виділяють органічні кислоти в процесі розкладу целюлози та лігніну. Високі показники рН у порожнинах кореневих лап та отворах із контактом з ґрунтом пояснюють буферною дією ґрунтових мінералів, які нівелюють природну кислотність трухлявої деревини [1].

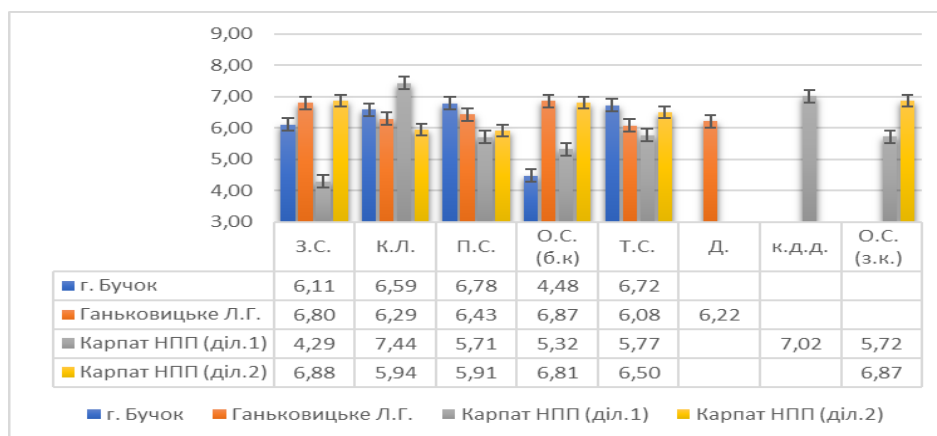


Рис. 3. Водневий показник деревних мікрооселищ.

Екстремально низька вологість у кормових дуплах дятлів (0,71 %) свідчить про високий рівень аерації та відсутність вологоутримувального субстрату в цьому типі мікрооселищ (рис. 4). Натомість дендротельми та отвори, які контактують із ґрунтом, демонструють стабільно високе зволоження (87,78–88,00%), що є необхідним для розвитку вологолюбних видів безхребетних [9].

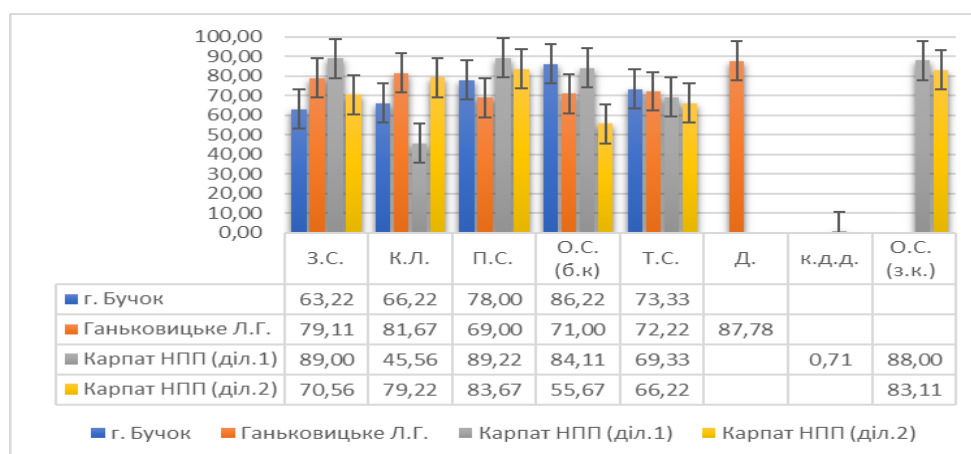


Рис. 4. Показник відносної вологості деревних мікрооселищ.

Висновки

У старовікових лісах Українських Карпат зафіксовано 8 типів деревних мікрооселищ (72 об'єкти), що свідчить про високу структурну складність пралісових екосистем. Формування таких оселищ безпосередньо пов'язане з діаметром дерева та стадією розкладу деревини: найбільша кількість мікрооселищ приурочена до дерев із DBH > 50 см та IV-V стадії деструкції.

Існує виражена породно-специфічна диференціація: великі кормові дупла дятлів характерні для *Picea abies*, а дендротельми – для *Fagus sylvatica*. Деревні мікрооселища виконують функцію мікрокліматичних буферів: температурна амплітуда є незначною (13–17°C), а вологість (0,71–89,22 %) і рН (4,29–7,44) варіюють залежно від контакту з ґрунтом і стадії розкладу. Мікрооселища з контактом із ґрунтом характеризуються стабільнішими температурними та хімічними параметрами, що створює сприятливі умови для формування первинного ґрунту та розвитку сапроксильних угруповань. Отримані дані підтверджують, що збереження великих старовікових дерев та повного спектра стадій розкладу є ключовою умовою підтримання біорізноманіття лісових екосистем Карпат.

1. Бондаренко Ю., Топтун А. Розробка комплексного методу визначення санітарного стану деревних насаджень. *Вісник Черкаського державного технологічного університету. Технічні науки*. 2020. Вип. 2. С. 5–13. <https://doi.org/10.24025/2306-4412.2.2020.198238>.
2. Департамент екології та природних ресурсів Закарпатської ОДА. Праліси та квазіпраліси Ганьковицького лісництва. Пралісова пам'ятка природи місцевого значення [Електронний ресурс]. 2021. URL: <https://www.ecozakarp.net.ua/parks/praliso-pamiatka-prirodi-mistsievogho-znachiennia-pralisi-ta-kvazipralisi-gankovitskogho-lisnitstva> (дата звернення: 20.03.2025).
3. Максимюк Г. В., Пригула І. М., Сенчина Б. В. Пралісові екосистеми Чорногори (у межах Карпатського НПП): сучасний стан, шляхи використання і збереження. *Фізична географія та геоморфологія*. 2017. Вип. 3 (87). С. 87–94.
4. Марискевич О. Г., Земан В. В. Старовікові ліси на території НПП «Бойківщина» (Українські Карпати). *Старовікові ліси як модель відновлення функціональної суті карпатських лісів: тези доп. міжнар. наук.-практ. конф. (23–24 черв. 2021 р.)*. Львів, 2021. С. 46–48.
5. Сідак С., Гуштан Г. Таксономічна структура населення орібатид (Acari: Oribatida) деревних мікрооселищ Українських Карпат. *Вісник Львівського університету. Серія біологічна*. 2025. Вип. 94. С. 54–60. <https://doi.org/10.30970/vlubs.2025.94.06>.
6. Сідак С. Ю., Капрусь І. Я. Населення колембол деревних мікрооселищ старовікових лісів Східних Карпат. *Наукові записки Державного природознавчого музею*. 2025. Вип. 41. С. 39–50. <https://doi.org/10.36885/nzdpm.2025.41.39-50>.
7. Станкевич-Волосянчук О., Шпарик Ю., Глеб Р., Дедусь В., Покин'єрєда В., Волосянчук Р. Мертва деревина як складова лісових екосистем: навч.-метод. посіб. / за ред. Я. С. Гасинець, Р. Т. Волосянчук, О. І. Станкевич-Волосянчук. Ужгород : РІК-У, 2022. 128 с.
8. Asbeck T., Pyttel P., Frey J., Bauhus J. Predicting abundance and diversity of tree-related microhabitats in Central European montane forests from common forest attributes. *Forest Ecology and Management*. 2019. Vol. 432. P. 400–408. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.09.043>.
9. Büttler R., Lachat T., Krumm F., Kraus D., Larrieu L. Field Guide to Tree-related Microhabitats. Descriptions and Size Limits for Their Inventory in Temperate and Mediterranean Forests. 2nd rev. ed. Birmensdorf: Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research WSL, 2024. 64 p.
10. Commarmot B., Brändli U.-B., Hamor F., Lavnyy V. Inventory of the Largest Primeval Beech Forest in Europe. A Swiss-Ukrainian Scientific Adventure. Birmensdorf: Swiss Federal Research Institute WSL; Lviv: Ukrainian National Forestry University; Rakhiv: Carpathian Biosphere Reserve, 2013. 69 p.
11. Grove S. The influence of forest management history on the integrity of the saproxylic beetle fauna in an Australian lowland tropical rainforest. *Biological Conservation*. 2002. Vol. 104. P. 149–171. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(01\)00140-9](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(01)00140-9).
12. Larrieu L., Cabanettes A. Species, live status, and diameter are important tree features for diversity and abundance of tree microhabitats in subnatural montane beech-fir forests. *Canadian Journal of Forest Research*. 2012. Vol. 42. P. 1433–1445. <https://doi.org/10.1139/x2012-077>.
13. Larrieu L., Paillet Y., Winter S., Büttler R., Kraus D., Krumm F., Lachat T., Michel A. K., Regnery B., Vandekerckhove K. Tree-related microhabitats in temperate and Mediterranean European forests: a hierarchical typology for inventory standardization. *Ecological Indicators*. 2018. Vol. 84. P. 194–207. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.08.051>.
14. Möller G. Struktur- und Substratbindung holzbewohnender Insekten, Schwerpunkt Coleoptera-Käfer. Berlin: Freie Universität Berlin, 2009. 297 p.
15. Rafiei-Jahed R., Kavousi M., Farashiani M., Sagheb-Talebi K., Babanezhad M., Courbaud B., Wirtz R., Müller J., Larrieu L. A comparison of the formation rates and composition of tree-related microhabitats in beech-dominated primeval Carpathian and Hircanian forests. *Forests*. 2020. Vol. 11. Article 144. <https://doi.org/10.3390/f11020144>.
16. Seibold S., Bässler C., Brandl R., Gossner M. M., Thorn S., Ulyshen M. D., Müller J. Experimental studies of dead-wood biodiversity – a review identifying global gaps in knowledge. *Biological Conservation*. 2015. Vol. 191. P. 139–149. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2015.06.006>.
17. Speight M. C. D. Saproxylic invertebrates and their conservation. Strasbourg: Council of Europe, 1989. 79 p.
18. Stokland J. N., Siitonen J., Jonsson B. G. Biodiversity in Dead Wood. Cambridge: Cambridge University Press, 2012. 509 p.
19. Tinner R., Streit K., Commarmot B., Brang P. Stichprobeninventur in schweizerischen Naturwaldreservaten – Anleitung zu Feldaufnahmen. Version 1.3 vom 3.2.2010. Birmensdorf: Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, 2010. 45 S.
20. Vuidot A., Paillet Y., Archaux F., Gosselin F. Influence of tree characteristics and forest management on tree microhabitats. *Biological Conservation*. 2011. Vol. 144. P. 441–450. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.09.030>.

21. Yieryi Digital Soil pH Meter [Electronic resource]. URL: <https://www.yieryi.com/products/yieryi-digital-soil-ph-meter> (accessed: 20.03.2025).

References

- Bondarenko Yu., Toptun A. Rozrobka kompleksnoho metodu vyznachennia sanitarnoho stanu derevnykh nasadzen. *Visnyk Cherkaskoho derzhavnogo tekhnolohichnoho universytetu. Tekhnichni nauky*. 2020. Vyp. 2. S. 5–13. <https://doi.org/10.24025/2306-4412.2.2020.198238>. [in Ukrainian]
- Departament ekolohii ta pryrodnykh resursiv Zakarpatskoi ODA. Pralisy ta kvazipralisy Hankovytskoho lisnytstva. Pralisova pamiatka pryrody mistsevoho znachennia [Elektronnyi resurs]. 2021. URL: <https://www.ecozakarp.net.ua/parks/pralisova-pamiatka-prirodi-mistsievogho-znachiennia-pralisi-ta-kvazipralisi-gankovitskogho-lisnytstva> (data zvernennia: 20.03.2025). [in Ukrainian]
- Maksymiuk H. V., Prytula I. M., Senchyna B. V. Pralisoni ekosystemy Chornohory (u mezhakh Karpatskoho NPP): suchasnyi stan, shliakhy vykorystannia i zberezhenia. *Fizychna heohrafiia ta heomorfolohiia*. 2017. Vyp. 3 (87). S. 87–94. [in Ukrainian]
- Maryskevych O. H., Zeman V. V. Starovikovi lisy na terytorii NPP «Boikivshchyna» (Ukrainski Karpaty). *Starovikovi lisy yak model vidnovlennia funktsionalnoi suti karpatskykh lisiv: tezy dop. mizhnar. nauk.-prakt. konf. (23–24 cherv. 2021 r.)*. Lviv, 2021. S. 46–48. [in Ukrainian]
- Sidak S., Hushtan H. Taksonomichna struktura naselennia oribatyd (Acari: Oribatida) derevnykh mikrooselyshch Ukrainykykh Karpat. *Visnyk Lvivskoho universytetu. Serii biologichna*. 2025. Vyp. 94. S. 54–60. <https://doi.org/10.30970/vlubs.2025.94.06>. [in Ukrainian]
- Sidak S. Yu., Kaprus I. Ya. Naseleattia kolembol derevnykh mikrooselyshch starovikovykh lisiv Skhidnykh Karpat. *Naukovi zapysky Derzhavnogo pryrodnoznavchoho muzeiu*. 2025. Vyp. 41. S. 39–50. <https://doi.org/10.36885/nzdp.2025.41.39-50>. [in Ukrainian]
- Stankevych-Volosianchuk O., Shparyk Yu., Hleb R., Diedus V., Pokynchereda V., Volosianchuk R. Mertva derevyna yak skladova lisovykh ekosystem: navch.-metod. posib. / za red. Ya. S. Hasynets, R. T. Volosianchuk, O. I. Stankevych-Volosianchuk. Uzhhorod : RIK-U, 2022. 128 s. [in Ukrainian]
- Asbeck T., Pyttel P., Frey J., Bauhus J. Predicting abundance and diversity of tree-related microhabitats in Central European montane forests from common forest attributes. *Forest Ecology and Management*. 2019. Vol. 432. P. 400–408. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.09.043>.
- Bütler R., Lachat T., Krumm F., Kraus D., Larrieu L. Field Guide to Tree-related Microhabitats. Descriptions and Size Limits for Their Inventory in Temperate and Mediterranean Forests. 2nd rev. ed. Birmensdorf: Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research WSL, 2024. 64 p.
- Commarmot B., Brändli U.-B., Hamor F., Lavnyy V. Inventory of the Largest Primeval Beech Forest in Europe. A Swiss-Ukrainian Scientific Adventure. Birmensdorf: Swiss Federal Research Institute WSL; Lviv: Ukrainian National Forestry University; Rakhiv: Carpathian Biosphere Reserve, 2013. 69 p.
- Grove S. The influence of forest management history on the integrity of the saproxylic beetle fauna in an Australian lowland tropical rainforest. *Biological Conservation*. 2002. Vol. 104. P. 149–171. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(01\)00140-9](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(01)00140-9).
- Larrieu L., Cabanettes A. Species, live status, and diameter are important tree features for diversity and abundance of tree microhabitats in subnatural montane beech-fir forests. *Canadian Journal of Forest Research*. 2012. Vol. 42. P. 1433–1445. <https://doi.org/10.1139/x2012-077>.
- Larrieu L., Paillet Y., Winter S., Bütler R., Kraus D., Krumm F., Lachat T., Michel A. K., Regnery B., Vandekerckhove K. Tree-related microhabitats in temperate and Mediterranean European forests: a hierarchical typology for inventory standardization. *Ecological Indicators*. 2018. Vol. 84. P. 194–207. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.08.051>.
- Möller G. Struktur- und Substratbindung holzbewohnender Insekten, Schwerpunkt Coleoptera-Käfer. Berlin: Freie Universität Berlin, 2009. 297 p.
- Rafiei-Jahed R., Kavousi M., Farashiani M., Sagheb-Talebi K., Babanezhad M., Courbaud B., Wirtz R., Müller J., Larrieu L. A comparison of the formation rates and composition of tree-related microhabitats in beech-dominated primeval Carpathian and Hyrcanian forests. *Forests*. 2020. Vol. 11. Article 144. <https://doi.org/10.3390/f11020144>.
- Seibold S., Bässler C., Brandl R., Gossner M. M., Thorn S., Ulyshen M. D., Müller J. Experimental studies of dead-wood biodiversity – a review identifying global gaps in knowledge. *Biological Conservation*. 2015. Vol. 191. P. 139–149. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2015.06.006>.
- Speight M. C. D. Saproxylic invertebrates and their conservation. Strasbourg: Council of Europe, 1989. 79 p.
- Stokland J. N., Siitonen J., Jonsson B. G. Biodiversity in Dead Wood. Cambridge: Cambridge University Press, 2012. 509 p.

19. Tinner R., Streit K., Commarmot B., Brang P. Stichprobeninventur in schweizerischen Naturwaldreservaten – Anleitung zu Feldaufnahmen. Version 1.3 vom 3.2.2010. Birmensdorf: Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, 2010. 45 S.
20. Vuidot A., Paillet Y., Archaux F., Gosselin F. Influence of tree characteristics and forest management on tree microhabitats. *Biological Conservation*. 2011. Vol. 144. P. 441–450. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.09.030>.
21. Yieryi Digital Soil pH Meter [Electronic resource]. URL: <https://www.yieryi.com/products/yieryi-digital-soil-ph-meter> (accessed: 20.03.2025).

¹S. Yu. Sidak, ²I. Ya. Kaprus

¹Ivan Franko National University of Lviv, Ukraine

²State Museum of Natural History, National Academy of Sciences of Ukraine, Ukraine

ECOLOGICAL FEATURES OF TREE-RELATED MICROHABITATS IN OLD-GROWTH FORESTS OF THE EASTERN CARPATHIANS: MORPHOMETRY, HYDROTHERMAL REGIME, AND SUBSTRATE ACIDITY

Modern approaches to assessing the structural complexity of forest ecosystems increasingly rely on analyzing tree-related microhabitats (TreMs), which serve as indicators of forest ecological integrity. Despite the growing number of studies in this field, data on the structure of TreMs in the primeval forest ecosystems of the Ukrainian Carpathians remain limited and fragmented.

This study aimed to characterize the typological, morphometric, and ecological features of tree-related microhabitats in old-growth beech and spruce forests of the Carpathians and to analyze their microclimatic parameters. Field investigations were conducted in 2024 at four old-growth forest sites: within the Carpathian National Nature Park (Hoverla Protected Research Department, two plots), Boikivshchyna National Nature Park (slopes of the Buchok Ridge), and the primeval forest natural monument “Primeval and Quasi-Primeval Forests of the Hankovytske Forestry.” The study focused on microhabitats occurring on *Fagus sylvatica* and *Picea abies*.

A total of 72 tree-related microhabitats were identified and categorized into eight types. The most common types were root buttress cavities, trunk cracks, trunk holes (without soil contact), trunk breakages, and primary soil accumulations, each accounting for 16.7 % of the total. Large woodpecker feeding cavities were recorded exclusively on Norway spruce trunks (DBH 39–79 cm, decay stage III), while dendrotelms were predominantly associated with European beech (decay stages IV–V).

Morphometric analysis revealed that the formation of most microhabitats is associated with trees of substantial diameter (primarily >50 cm DBH) and advanced stages of wood decomposition (IV–V), consistent with the concept of structural forest maturity. The temperature regime of TreMs exhibited a narrow range (13–17°C), confirming their buffering function. Minimum temperatures were recorded in cavities in contact with the soil, while maximum temperatures were observed in open trunk cracks.

The pH ranged from 4.29 to 7.44, reflecting the complex biochemical processes of mineralization and humification. Acidic pH values were typical of trunk breakages and cracks, which are associated with xylotrophic fungal activity, while neutral pH values were recorded in soil-contact microhabitats due to the buffering effect of the mineral substrate. Relative humidity reached its highest levels in dendrotelms and soil-contact cavities, whereas woodpecker feeding cavities were characterized by low humidity and high aeration.

Keywords: tree-related microhabitats (TreMs); saproxylic organisms; old-growth forests; fauna; taxonomic composition; biodiversity; communities; Ukrainian Carpathians; invertebrate conservation; *Fagus sylvatica*; *Picea abies*.

Надійшла до редакції: 02.12.2025

Прийнята до друку: 17.12.2025

Опублікована: 29.12.2025