

**Національний лісотехнічний університет України
Лісівнича академія наук України**

НАУКОВІ ПРАЦІ

ЛІСІВНИЧОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ

Випуск 29

Започатковано у 2001 р.

**Львів
Компанія «Манускрипт»
2025**

Наукові праці Лісівничої академії наук України: збірник наукових праць. – Львів: Видавництво «Компанія “Манускрипт”», 2025. – Вип. 29. – 314 с.

У збірнику наукових праць опубліковано результати досліджень, в яких висвітлено біологічні аспекти рослинних угруповань, наукові і практичні здобутки в царині лісівництва, лісознавства та ведення мисливського господарства, штучного лісовідновлення, лісової таксації та лісовпорядкування. Наведено результати досліджень у сфері відтворення та покращення стану лісових насаджень, захисту лісостанів від шкідників і хвороб, економіки природокористування та менеджменту, ресурсоощадних та екологічнобезпечних технологій деревообробки.

Призначений для наукових працівників, викладачів закладів освіти, широкого кола фахівців у сфері лісівництва, біології та екології лісу, лісової інженерії та деревообробної галузі.

Рекомендовано до друку Вченою радою НЛТУ України та Президією ЛАН України (протокол № 11 від 22.12.2025 р.)

Редакційна колегія:

<i>професор</i> Ігор Соловій,	<i>д-р економічних наук – головний редактор;</i>
<i>професор</i> Юрій Дебринюк,	<i>д-р с.-г. наук – заступник головного редактора;</i>
<i>професор</i> Норберт Вебер,	<i>д-р габілітований, Технічний університет Дрездена, Німеччина</i>
<i>професор</i> Анджей Возняк,	<i>д-р габілітований, Університет Природничий в Любліні, Польща;</i>
<i>професор</i> Анатолій Гойчук,	<i>д-р с.-г. наук, Національний ун-т біоресурсів і природокор. України, м. Київ;</i>
<i>професор</i> Ервін Гуссендюрфер,	<i>д-р габілітований, Університет прикладних наук Вайєнштефан-Трісдорф, м. Фрайзінг, Німеччина;</i>
<i>професор</i> П'єр Л. Ібіш,	<i>д-р габілітований, Університет сталого розвитку Еберсвальде, Німеччина;</i>
<i>професор</i> Петро Лакида,	<i>д-р с.-г. наук, Державне підприємство «Ліси України», м. Київ;</i>
<i>професор</i> Валентина Мешкова,	<i>д-р с.-г. наук, Український наук.-дослід. інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г.М. Висоцького, м. Харків;</i>
<i>професор</i> Степан Миклуш,	<i>д-р с.-г. наук, Національний лісотехнічний університет України, м. Львів;</i>
<i>професор</i> Віктор Ткач,	<i>д-р с.-г. наук, Український наук.-дослід. інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г.М. Висоцького, м. Харків;</i>
<i>наук. співр.</i> Володимир Троцюк,	<i>канд. с.-г. наук, Швейцарський федеральний інститут досліджень лісу, снігу і ландшафтів, Бірменсдорф;</i>
<i>доцент</i> Олег Часковський,	<i>канд. с.-г. наук, Національний лісотехнічний університет України, м. Львів;</i>
<i>професор</i> Петер Шпатгельф	<i>д-р, Університет сталого розвитку Еберсвальде, Німеччина;</i>
<i>професор</i> Василь Лавний,	<i>д-р с.-г. наук, Національний лісотехнічний університет України, м. Львів;</i>
<i>професор</i> Володимир Крамарець,	<i>д-р с.-г. наук, Національний лісотехнічний університет України, м. Львів;</i>
<i>професор</i> Надія Олексійченко	<i>д-р с.-г. наук, Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова, м. Харків;</i>
<i>професор</i> Григорій Криницький,	<i>д-р біол. наук, Національний лісотехнічний університет України, м. Львів;</i>
<i>професор</i> Володимир Заїка,	<i>д-р біол. наук, Національний лісотехнічний університет України, м. Львів;</i>
<i>професор</i> Мирослава Сорока,	<i>д-р біол. наук, Національний лісотехнічний університет України, м. Львів;</i>
<i>професор</i> Лідія Заднік-Штірн,	<i>д-р економічних наук, Університет м. Любляна, Словенія</i>
<i>професор</i> Ллойд Ірленд,	<i>д-р філософії з лісової політики та економіки, Факультет лісових ресурсів Університету Мен, США</i>
<i>професор</i> Марія Нижник,	<i>д-р ек. і соц. наук, Джеймс Хаттон Інститут, м. Абердин-Данді, Великобританія;</i>
<i>професор</i> Павло Бехта,	<i>д-р техн. наук, Національний лісотехнічний університет України, м. Львів;</i>
<i>професор</i> Володимир Голубець,	<i>д-р техн. наук, Національний лісотехнічний університет України, м. Львів;</i>
<i>професор</i> Юрій Грицюк,	<i>д-р техн. наук, Національний ун-т «Львівська політехніка», м. Львів;</i>
<i>професор</i> Ігор Озарків,	<i>д-р техн. наук, Національний лісотехнічний університет України, м. Львів;</i>
<i>професор</i> Ян Седлячек	<i>д-р філософії, Технічний університет в м. Зволен, Словаччина.</i>

Науковий редактор: **Юрій ДЕБРИНЮК**

Літературний редактор: **Анна ПАВЛИШИН**

Редактор англomовних текстів: **Володимир ЛЕНТЯКОВ**

Технічне забезпечення видання: **Маріанна КУК**

Відповідальний секретар: **Сергій ГАВРИЛЮК**

Адреса видавництва:

Видавництво «Компанія “Манускрипт”»,

вул. Руська, 16/3, м. Львів, Україна, 79008

Тел: (032) 235-30-12; E-mail: lan@nltu.edu.ua; <http://fasu.nltu.edu.ua/index.php/nplanu>

**Ukrainian National Forestry University
Forestry Academy of Sciences of Ukraine**

Proceedings

OF THE FORESTRY ACADEMY OF SCIENCES OF UKRAINE

Volume 29

Founded in 2001

**Lviv
Company “Manuscript”
2025**

Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine: Collection of Research Papers. – Lviv: Company “Manuscript”, 2025. – Vol. 29. – 314 p.

The Collection of Research Papers presents the results of studies highlighting the biological aspects of plant communities, scientific and practical achievements in the field of forestry and forest science, forest seed production, hunting management, forest tree breeding, forest inventory, and forest management planning. Presented are the results of studies in the field of regeneration and improvement of the condition of forest stands, pest control and diseaseless management, natural resource use and environmental management, resource-saving and environmentally friendly woodworking technologies.

The Collection is intended for researchers, teaching staff members at education institutions, and a wide range of professionals in the fields of forestry, forest biology and ecology, forest engineering, and woodworking industry.

Recommended for publication by the Academic Council of the Ukrainian National Forestry University and the Presidium of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine (Protocol No. 11, dated 22 December 2025).

Editorial board:

<i>Professor Ihor Soloviy,</i>	<i>Dr. Sc. (Econ.), Chief Editor;</i>
<i>Professor Iurii Debryniuk,</i>	<i>Dr. Sc. (Agr.), Deputy Chief Editor;</i>
<i>Professor Norbert Weber,</i>	<i>Dr. rer. silv. habil., the Technische Universität Dresden, Germany</i>
<i>Professor Andrzej Wozniak,</i>	<i>Dr. habil., University of Life Sciences, Lublin, Poland;</i>
<i>Professor Anatoliy Hoychuk,</i>	<i>Dr. Sc. (Agr.), National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv;</i>
<i>Professor Erwin Hussendörfer,</i>	<i>Dr. habil. the Weihenstephan-Triesdorf University of Applied Sciences, Freising, Germany;</i>
<i>Professor Pierre L. Ibisch,</i>	<i>Dr. habil., Eberswalde University for Sustainable Development, Eberswalde, Germany;</i>
<i>Professor Petro Lakyda,</i>	<i>Dr. Sc. (Agr.), State Enterprise “Forests of Ukraine”, Kyiv;</i>
<i>Professor Valentyna Meshkova,</i>	<i>Dr. Sc. (Agr.), Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration named after G.N. Vysotsky, Kharkiv;</i>
<i>Professor Stepan Myklush,</i>	<i>Dr. Sc. (Agr.), Ukrainian National Forestry University, Lviv;</i>
<i>Professor Victor Tkach,</i>	<i>Dr. Sc. (Agr.), Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration named after G.N. Vysotsky, Kharkiv;</i>
<i>Doctor Volodymyr Trotsiuk,</i>	<i>Data Scientist, Swiss Federal Research Institute WSL, Birmensdorf</i>
<i>Associate professor Oleg Chaskovskyy,</i>	<i>PhD (Agr.), Ukrainian National Forestry University, Lviv;</i>
<i>Professor Peter Spathelf</i>	<i>Dr. rer. nat., Eberswalde University for Sustainable Development, Eberswalde, Germany;</i>
<i>Professor Vasyl Lavnyy,</i>	<i>Dr. Sc. (Agr.), Ukrainian National Forestry University, Lviv;</i>
<i>Professor Volodymyr Kramarets,</i>	<i>Dr. Sc. (Agr.), Ukrainian National Forestry University, Lviv;</i>
<i>Professor Nadiia Oleksiichenko,</i>	<i>Dr. Sc. (Agr.), O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Kharkiv;</i>
<i>Professor Hryhoriy Krynytskyy,</i>	<i>Dr. Sc. (Biol.), Ukrainian National Forestry University, Lviv;</i>
<i>Professor Myroslava Soroka,</i>	<i>Dr. Sc. (Biol.), Ukrainian National Forestry University, Lviv;</i>
<i>Professor Volodymyr Zaika,</i>	<i>Dr. Sc. (Biol.), Ukrainian National Forestry University, Lviv;</i>
<i>Professor Lloyd Irland,</i>	<i>Ph D, Forest Policy and Economics, University of Maine School of Forest Resources, USA;</i>
<i>Professor Maria Nijnik,</i>	<i>Dr. Sc. (Econ. & Soc.), James Hutton Institute, Aberdeen, Dundee, United Kingdom;</i>
<i>Professor Lidija Zadnik-Stirn,</i>	<i>Dr. Sc. (Business Administration), University of Ljubljana, Slovenia</i>
<i>Professor Pavlo Bekhta,</i>	<i>Dr. Sc. (Tech.), Ukrainian National Forestry University, Lviv;</i>
<i>Professor Volodymyr Holubets,</i>	<i>Dr. Sc. (Tech.), Ukrainian National Forestry University, Lviv;</i>
<i>Professor Yuriy Hrytsyuk,</i>	<i>Dr. Sc. (Tech.), Lviv Polytechnic National University, Lviv;</i>
<i>Professor Ihor Ozarkiv,</i>	<i>Dr. Sc. (Tech.), Ukrainian National Forestry University, Lviv;</i>
<i>Professor Jan Sedliačik,</i>	<i>PhD, (Tech.), Technical University in Zvolen, Slovak Republic.</i>

Scientific Editor: *Iurii DEBRYNIUK*

Literary editor: *Anna PAVLYSHYN*

Editors of English texts: *Volodymyr LENTIAKOV*

Technical support of the publication: *Marianna KUK*

Responsible secretary: *Serhii HAVRYLIUK*

Publishers Address:

Publishing Company “Manuscript”

Str. Ruska, 16/3, Lviv, Ukraine, 79008

Тел: (032) 235-30-12; E-mail: lan@nltu.edu.ua; <http://fasu.nltu.edu.ua/index.php/nplanu>

ЗМІСТ

Г.Т. Криницький, Ю.М. Дебринюк, Р.Д. Василюшин, О.І. Голубчак, В.В. Лавний, П.І. Лакида, В.Л. Мешкова, М.М. Сішук

НАПРЯМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ЛІСОВОГО ГОСПОДАРСТВА В УКРАЇНІ В КОНТЕКСТІ ВЕДЕННЯ НАБЛИЖЕНОГО ДО ПРИРОДИ ЛІСІВНИЦТВА (за матеріалами Загальних зборів Лісівничої академії наук України 7 листопада 2025 року)	11

1. БІОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ РОСЛИННИХ УГРУПОВАНЬ

Г.В. Герасимчук, Г.Т. Криницький, Н.Г. Луців, О.Б. Михайлів

ТРАВ'ЯНЕ ВКРИТТЯ ТА РЕЖИМ ЕКОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ У ГРАБОВО-ДУБОВИХ ЛІСОСТАНАХ КІВЕРЦІВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКУ «ЦУМАНСЬКА ПУЩА»	19

Н.В. Пузріна, О.П. Бала, Ю.В. Бабич

РІДКІСНІ ВИДИ КОМАХ-ДЕНДРОБІОНТІВ В ОБ'ЄКТАХ СМАРАГДОВОЇ МЕРЕЖІ (UA0000254 CHERKASKYI VIR)	28

2. ЛІСОЗНАВСТВО, ЛІСІВНИЦТВО ТА МИСЛИВСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО

В.В. Горошко, С.П. Распопіна, Ю.М. Біла, М.М. Діденко

ВОДОЗБОРИ ПРИТОК СЕРЕДНЬОЇ ТЕЧІЇ р. СІВЕРСЬКИЙ ДОНЕЦЬ: ЕКОЛОГІЧНА СТАБІЛЬНІСТЬ, ПРАВОВЕ РЕГУЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ЛІСОКОРИСТУВАННЯ	42

В.Ю. Дебринюк, Л.Ф. Мацап'як, М.М. Нечай, І.І. Коляджин, В.В. Лавний

ОЦІНКА ПРИРОДНОГО ПОНОВЛЕННЯ У ПРАЛІСОВИХ УГРУПОВАННЯХ <i>PICEA ABIES</i> (L.) KARST. НПП «ВЕРХОВИНСЬКИЙ»	51

Л.-О. Ю. Дебринюк, О.Т. Данчук

ТИПОЛОГІЧНА СТРУКТУРА І ПРОДУКТИВНІСТЬ ДЕРЕВОСТАНІВ ГРАБОВО-СОСНОВИХ СУБУЧИН І СУДІБРОВ СТРАДЧІВСЬКОГО НАВЧАЛЬНО-ВИРОБНИЧОГО ЛІСОКОМБІНАТУ	72

І.М. Кульбанська, А.Ф. Гойчук, М.І. Сорока

ЛІСІВНИЧО-ТАКСАЦІЙНІ ДЕТЕРМІНАНТИ ФОРМУВАННЯ САНІТАРНОГО СТАНУ ДЕРЕВОСТАНІВ ЗА УЧАСТЮ <i>ABIES ALBA</i> MILL. У ПОКУТСЬКО-БУКОВИНСЬКИХ КАРПАТАХ	88

В.В. Лавний, А.П. Іванюк, О.Б. Михайлів, Т.В. Юськевич, П. Шпатгельф

ВИДОВА І ВИСОТНА СТРУКТУРА ПІДРОСТУ ПІСЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ПЕРШОГО ПРИЙОМУ РІВНОМІРНО-ПОСТУПОВОЇ РУБКИ У ЛІСАХ УКРАЇНСЬКОГО РОЗТОЧЧЯ	103

В.Г. Мазепа, П.Б. Хоєцький, І.В. Фізик

СТАН ПОГОЛІВ'Я БОБРА ЄВРОПЕЙСЬКОГО (<i>CASTOR FIBER</i> L.) В УГІДДЯХ КІВЕРЦІВСЬКОГО НПП «ЦУМАНСЬКА ПУЩА»	117

С.І. Мусієнко, В.А. Лук'янець, В.В. Бондаренко

ЛІСІВНИЧО-ТАКСАЦІЙНА ХАРАКТЕРИСТИКА ДУБОВИХ ДЕРЕВОСТАНІВ РЕКРЕАЦІЙНО-ОЗДОРОВЧИХ ЛІСІВ ЛІВОБЕРЕЖНОЇ УКРАЇНИ	127

<i>Т.В. Парпан, В.О. Кириленко, О.М. Ткачук, Н.Ф. Приходько</i>	
КЛІМАТИЧНО-ОРІЄНТОВАНЕ ЛІСВНИЦТВО ЯК КОНЦЕПТУАЛЬНО НОВИЙ ПІДХІД ДО УПРАВЛІННЯ ЛІСАМИ	138

В.В. Поляк

СТРУКТУРА ЛІСОВОГО ФОНДУ БУКОВИНСЬКОГО НИЗЬКОГІР'Я ТА СЕРЕДНЬОГІР'Я ПОКУТСЬКО-БУКОВИНСЬКИХ КАРПАТ	149

Я.С. Форгіль, Ю.М. Дебринюк

ПОШИРЕННЯ ЛІСОСТАНІВ ЗА УЧАСТЮ <i>PICEA ABIES</i> (L.) KARST. В ЯЛИЦЕВИХ ТИПАХ ЛІСУ ІВАНО-ФРАНКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ	162

3. ЛІСОВІ КУЛЬТУРИ, ФІТОМЕЛІОРАЦІЯ, СЕЛЕКЦІЯ ТА САДОВО-ПАРКОВЕ ГОСПОДАРСТВО

С.А. Лось, Л.І. Терещенко, О.С. Забродоцький, В.Г. Григор'єва

КОМПЛЕКСНЕ ОЦІНЮВАННЯ ПЕРСПЕКТИВНОСТІ КУЛЬТИВУВАННЯ <i>QUERCUS RUBRA</i> L. У ЛІСОВИХ НАСАДЖЕННЯХ ЧЕРКАЩИНИ	176

4. ЛІСОВА ТАКСАЦІЯ ТА ЛІСОВПОРЯДКУВАННЯ

В.Р. Pasternak, V.V. Nazarenko

DYNAMICS OF FINAL FELLING VOLUMES IN OAK STANDS OF THE FOREST-STEPPE OF UKRAINE (Динаміка обсягів рубок головного користування в дубових деревостанах Лісостепу України)	193

В.І. Блищук, П.І. Лакида

МОДЕЛІ РОСТУ ТА ПРОДУКТИВНОСТІ САМОСІЙНИХ СОСНОВИХ ЛІСІВ УКРАЇНСЬКОГО ПОЛІССЯ	200

С.І. Миклуш, Ю.С. Миклуш, С.А. Гаврилюк

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАГОТІВЛІ ДЕРЕВИНИ ЛІСОГОСПОДАРСЬКИМИ ПІДПРИЄМСТВАМИ ЛЬВІВЩИНИ	216

5. ЕКОЛОГІЯ, ЕКОНОМІКА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ ТА МЕНЕДЖМЕНТ

Л.В. Міц

ІНСТИТУЦІЙНІ ТА ПРАВОВІ АСПЕКТИ ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНОГО МЕХАНІЗМУ ВРАХУВАННЯ ПОСЛУГ ЛІСОВИХ ЕКОСИСТЕМ У ДІЯЛЬНОСТІ ЛІСОГОСПОДАРСЬКИХ ПІДПРИЄМСТВ УКРАЇНИ	235

О.Р. Пелюх, Л.Д. Загвойська

БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНА ОПТИМІЗАЦІЯ СЦЕНАРІЇВ МЕНЕДЖМЕНТУ ЛІСІВ УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ У ДИСКУРСІ ПАРАДИГМИ ЕКОСИСТЕМНИХ ПОСЛУГ	246

6. ДЕРЕВООБРОБНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ЛІСОВА ІНЖЕНЕРІЯ

П.А. Бехта, Р.І. Рябишев

ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЛЕГКИХ СТРУЖКОВИХ ПЛИТ ІЗ ЧАСТКОВОЮ ТА ПОВНОЮ ЗАМІНОЮ ДЕРЕВИНИ КОСТРИЦЕЮ КОНОПЕЛЬ	256

С.В. Гайда, Л.Е. Лесів

ВПЛИВ ВЛАСТИВОСТЕЙ СКЛАДОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ ІЗ ВЖИВАНОЇ ДЕРЕВИНИ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ МІЦНОСТІ КОМБІНОВАНИХ СТОЛЯРНИХ ПЛИТ	267

В.В. Гаманчук, П.А. Бехта, Т. Піпішка, Й. Рагель, Я. Гофман

**ВПЛИВ ЧАСТКОВОГО ЗАМІЩЕННЯ ДЕРЕВИНИ ЖОМОМ ЦУКРОВИХ
БУРЯКІВ НА ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ СТРУЖКОВИХ ПЛИТ 279**

Р.О. Козак, В.С. Бірук

**ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ЛЕГКИХ СТРУЖКОВИХ ПЛИТ
З ВМІСТОМ СТРУЖКИ СТЕБЕЛ СОНЯШНИКА ТА МІСКАНТУСА 290**

7. РЕЦЕНЗІЇ, ВІДГУКИ ТА ВІТАННЯ

І.П. Соловій, Л.І. Копій, Л.Д. Загвойська

**ІННОВАЦІЙНІ СОЦІО-ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ
ЛІСІВ ТА ЛІСОВОГО ГОСПОДАРСТВА (до 70-річчя від дня народження
професора Марії Нижник, доктора економічних і соціальних наук,
члена редакційної колегії збірника «Наукові праці Лісівничої академії
наук України») 302**

В.Л. Мєшкова, В.П. Пастернак

**НАУКОВИЦЯ З ТЕОРЕТИЧНИХ І ПРАКТИЧНИХ АСПЕКТІВ
ЛІСОВОГО ҐРУНТОЗНАВСТВА (до 60-річчя від дня народження академіка
Лісівничої академії наук України, доктора сільськогосподарських наук
С.П. Распопіної) 306**

ДО УВАГИ АВТОРІВ 312

CONTENTS

H. Krynytskyy, Iu. Debryniuk, R. Vasylyshyn, O. Holubchak, V. Lavnyy, P. Lakyda, V. Meshkova, M. Sishchuk

DIRECTIONS AND PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF FORESTRY IN UKRAINE IN THE CONTEXT OF CLOSE-TO-NATURE FOREST MANAGEMENT (based on the materials of the General Assembly of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, 7 November 2025)	11

1. BIOLOGICAL ASPECTS OF PLANT COMMUNITIES

H. Herasymchuk, H. Krynytskyy, N. Lutsiv, O. Mykhayliv

HERBACEOUS COVER AND ENVIRONMENTAL FACTOR REGIMES IN HORNBEAM–OAK STANDS OF THE KIVERTSI NATIONAL NATURE PARK «TSUMANSKA PUSHCHA»	19

N. Puzrina, O. Bala, Y. Babych

RARE SPECIES OF DENDROBIONT INSECTS IN THE EMERALD NETWORK SITES (UA0000254 CHERKASKYI BIR)	28

2. FORESTRY, SILVICULTURAL SCIENCES AND WILDLIFE RESOURCE MANAGEMENT

V. Goroshko, S. Raspopina, Y. Belay, M. Didenko

WATERSHEDS OF THE TRIBUTARIES IN THE MIDDLE REACHES OF THE SIVERSKYI DONETS RIVER: ENVIRONMENTAL STABILITY, LEGAL REGULATION, AND OPTIMIZATION OF FOREST MANAGEMENT	42

V. Debryniuk, L. Matzapyak, M. Nechai, I. Koliadzhyn, V. Lavnyy

ASSESSMENT OF NATURAL REGENERATION IN PRIMEVAL FOREST COMMUNITIES OF <i>PICEA ABIES</i> (L.) KARST. IN THE VERKHOVYNA NATIONAL NATURE PARK	51

L.-O. Debryniuk, O. Danchuk

TYOLOGICAL STRUCTURE AND PRODUCTIVITY OF THE HORNBEAM-PINE STANDS OF FAIRLY FERTILE BEECH-FOREST TYPE AND FAIRLY FERTILE OAK-FOREST TYPE IN THE STRADCH EDUCATIONAL AND PRODUCTION FORESTRY COMPLEX	72

I. Kulbanska, A. Goychuk, M. Soroka

FOREST-MENSURATION DETERMINANTS OF THE FORMATION OF THE HEALTH CONDITION OF FOREST STANDS WITH THE PARTICIPATION OF <i>ABIES ALBA</i> IN THE POKUTTIA–BUKOVYNA CARPATHIANS	88

V. Lavnyy, A. Ivaniuk, O. Mykhayliv, T. Yuskevych, P. Spathelf

SPECIES COMPOSITION AND HEIGHT STRUCTURE OF THE YOUNG GROWTH AFTER THE FIRST CUT OF THE UNIFORM SHELTERWOOD FELLING IN THE FORESTS OF THE UKRAINIAN ROZTOCHIA	103

V. Mazepa, P. Khoyetskyy, I. Fyzik

STATUS OF THE EUROPEAN BEAVER (<i>CASTOR FIBER</i> L.) POPULATION IN THE AREAS OF THE KIVERTSI NATIONAL NATURE PARK «TSUMANSKA PUSHCHA»	117

S. Musienko, V. Lukyanets, V. Bondarenko

FOREST-MENSURATIONAL CHARACTERISTICS OF OAK STANDS IN RECREATIONAL AND HEALTH-IMPROVING FORESTS OF LEFT-BANK UKRAINE.....	127

T. Parpan, Ya. Kyrylenko, O. Tkachuk, N. Prykhodko

CLIMATE-ORIENTED FORESTRY AS A CONCEPTUALLY NEW APPROACH TO FOREST MANAGEMENT.....	138

V. Polyak

STRUCTURE OF THE FOREST FUND OF THE BUKOVYNA LOW-MOUNTAIN AND MID-MOUNTAIN AREAS OF THE POKUTTIA-BUKOVYNA CARPATHIANS.....	149

Ya. Forgil, Yu. Debryniuk

DISTRIBUTION OF <i>PICEA ABIES</i>-CONTAINING FOREST STANDS IN SILVER FIR FOREST TYPES OF IVANO-FRANKIVSK REGION.....	162

3. PLANTED FORESTS, PHYTOMELIORATION, TREE BREEDING, GARDENING AND PARK MANAGEMENT

S. Los, L. Tereshchenko, O. Zabrodotsky, V. Grygoryeva

COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF THE PROSPECTS OF CULTIVATING <i>QUERCUS RUBRA</i> L. IN FOREST PLANTATIONS OF CHERKASY REGION.....	176

4. FOREST BIOMETRY AND FOREST MANAGEMENT PLANNING

V. Pasternak, V. Nazarenko

DYNAMICS OF FINAL FELLING VOLUMES IN OAK STANDS OF THE FOREST-STEPPE OF UKRAINE.....	193

V. Blyshchyk, P. Lakyda

GROWTH AND YIELD MODELS FOR NATURALLY REGROWN SCOTS PINE FORESTS OF THE UKRAINIAN POLISSIA	200

S. Myklush, Y. Myklush, S. Havryliuk

PROSPECTS FOR TIMBER HARVESTING BY FORESTRY ENTERPRISES IN LVIV REGION.....	216

5. ECOLOGY, NATURAL RESOURCE ECONOMICS AND MANAGEMENT

L. Mits

INSTITUTIONAL AND LEGAL ASPECTS OF THE ECOLOGICAL-ECONOMIC MECHANISM FOR ACCOUNTING FOR FOREST ECOSYSTEM SERVICES IN THE ACTIVITIES OF FORESTRY ENTERPRISES IN UKRAINE.....	235

O. Pelyukh, L. Zahvoyska

MULTICRITERIA OPTIMIZATION OF FOREST MANAGEMENT SCENARIOS IN THE UKRAINIAN CARPATHIANS WITHIN A DISCOURSE OF ECOSYSTEM SERVICES PARADIGM	246

6. WOOD PROCESSING TECHNOLOGIES AND FOREST ENGINEERING

P. Bekhta, R. Riabyshev

PHYSICAL PROPERTIES OF LIGHTWEIGHT PARTICLEBOARDS WITH PARTIAL AND COMPLETE REPLACEMENT OF WOOD WITH HEMP SHIVES.....	256

S. Gayda, L. Lesiv

THE INFLUENCE OF THE PROPERTIES OF STRUCTURAL ELEMENTS MADE OF POST-CONSUMER WOOD ON THE STRENGTH CHARACTERISTICS OF COMPOSITE BLOCKBOARDS	267

V. Hamanchuk, P. Bekhta, T. Pipiška, J. Ráhel', J. Hofman

EFFECT OF PARTIAL AND COMPLETE REPLACEMENT OF WOOD PARTICLES WITH SUGAR BEET PULP ON THE PHYSICAL PROPERTIES OF PARTICLEBOARDS.....	279

R. Kozak, V. Biruk

OPERATIONAL PROPERTIES OF LIGHTWEIGHT PARTICLEBOARD CONTAINING SUNFLOWER AND MISCANTHUS STEM PARTICLES	290

7. REVIEWS, COMMENTS, CONGRATULATIONS AND WISHES

I. Soloviy, L. Kopiy, L. Zahvoyska

INNOVATIVE SOCIO-ECOLOGICAL AND ECONOMIC RESEARCH ON FORESTS AND FORESTRY (on the occasion of the 70th anniversary of the birth of Professor Maria Nyzhnyk, Doctor of Economic and Social Sciences, member of the editorial board of the collection «Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine»)	302

V. Meshkova, V. Pasternak

A SCHOLAR IN THE THEORETICAL AND PRACTICAL ASPECTS OF FOREST SOIL SCIENCE (on the occasion of the 60th anniversary of the birth of S.P. Raspopina, Academician of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Doctor of Agricultural Sciences)	306

INFORMATION FOR AUTHORS.....	312

НАПРЯМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ЛІСОВОГО ГОСПОДАРСТВА В УКРАЇНІ В КОНТЕКСТІ ВЕДЕННЯ НАБЛИЖЕНОГО ДО ПРИРОДИ ЛІСІВНИЦТВА (за матеріалами Загальних зборів Лісівничої академії наук України 7 листопада 2025 року)

**Г.Т. Криницький, Ю.М. Дебринюк, Р.Д. Васишин, О.І. Голубчак,
В.В. Лавний, П.І. Лакида, В.Л. Мешкова, М.М. Сіщук**

7 листопада 2025 року відбулися чергові Загальні збори Лісівничої академії наук України (ЛАН України). Наукова лісівнича спільнота вкотре зібралася у м. Львові для обговорення важливих проблем лісівничої науки і практики.

Зі вступним словом і привітанням до учасників Загальних зборів звернувся Президент ЛАН України, доктор біологічних наук, професор Г.Т. Криницький. Було зазначено, що Лісівничій академії наук України у листопаді поточного року виповнюється 32 роки (установча конференція зі створення ЛАН України відбулася 30 листопада 1993 року). Це вже доволі тривалий період функціонування цього громадського об'єднання у лісовій галузі. Водночас, як і в попередні 30 років, так і в цьому 2025 році, академіки та член-кореспонденти всіх трьох відділень (Західного, Центрального і Східного) працювали активно, творчо і результативно.

З вітальним словом до академічної спільноти виступив ректор НЛТУ України, член-кореспондент НАН України, академік ЛАН України, професор В.С. Загорський, який повідомив про значні досягнення колективу Лісотехнічного університету в науковій, освітній та міжнародній діяльності. Завдяки вагомим напрацюванням колективу університету, заклад вищої освіти віднесено до категорії закладів із незначним ступенем ризику, і це – найкращий результат серед закладів вищої освіти м. Львова.

Конкретні напрацювання громадської організації було відображено у доповідях керівників відділень, а в аспекті узагальнення варто відзначити такі основні напрями роботи Лісівничої академії наук України у 2025 році.

1. Продовження як фундаментальних, так і прикладних досліджень з проблем лісознавства (зокрема лісової екології, селекції та захисту лісу), практичного лісівництва, агролісомеліорації, лісокористування, деревооброблення та економіки лісу. Незважаючи на дуже складні умови, дослідниками отримано низку цінних у науковому і практичному аспектах результатів.

2. Організація і проведення науково-практичних конференцій, семінарів і круглих столів та активна участь у їхній роботі членів Академії.

3. Активна міжнародна діяльність – обмін інформацією, участь у спільних наукових дослідженнях, відрядження за кордон для вивчення іноземного досвіду тощо.

4. Здійснення видавничої діяльності. Зокрема, підготовлено черговий 28-ий випуск «Наукових праць ЛАН України», випуски 146 і 147 збірника «Лісівництво і агролісомеліорація», 4-ий випуск збірника «Лісівничо-екологічні проблеми Східного Полісся» за 2025 рік.

5. Завдяки зусиллям членів ЛАН України та лісівників Львівщини, було розширено роботи з подальшого запровадження принципів наближеного до природи лісівництва у лісове господарство України. Напрацювання науковців Західного відділення ЛАН України в цьому аспекті активно підтримують та удосконалюють колеги Східного і Центрального відділень.

На сьогодні особовий склад Лісівничої академії налічує 61 академіка та 92 член-кореспондентів з усіх областей України, які займаються проблемами лісового, мисливського і садово-паркового господарства, екології, лісової селекції, інтродукції деревних рослин, захисту лісу, охорони природи, економіки природокористування та менеджменту, лісової інженерії та деревооброблення. У складі Лісівничої академії також є десять Почесних академіків та шість Почесних член-кореспондентів. Окрім цього, громадська організація налічує дев'ять Іноземних та шість Колективних членів.

Упродовж звітнього року члени Лісівничої академії проводили роботу щодо вирішення проблем лісівничої освіти, науки і практики, підвищення престижу лісівничої та лісоінженерної справи, охорони і примноження лісових багатств держави. Зі звітами виступили керівники відділень.

Так, керівник *Західного відділення* академік О.І. Голубчак зазначив, що основною метою діяльності відділення є наукове забезпечення держа-

вної політики України в сфері раціонального природокористування у Карпатському регіоні. Зокрема, науково-дослідна діяльність Українського науково-дослідного інституту гірського лісівництва (УкрНДІгірліс) зосереджена в чотирьох основних напрямках: 1) Удосконалення системи заходів здійснення лісовідновлення з урахуванням зміни клімату в гірських лісах Українських Карпат; 2) Розроблення системи заходів з адаптації гірських лісів Українських Карпат до зміни клімату; 3) Вивчення стану, структури та ключових аспектів управління лісами регіону Українських Карпат на територіях, які можуть бути віднесені до особливо охоронних; 4) Дослідження методів рекультивативної трелювальних волоків у гірських лісах Українських Карпат.

Окрім чотирьох бюджетних тем, УкрНДІгірліс виконує цілу низку наукових тем за договорами з ДП «Ліси України» та іншими організаціями. Так, станом на 01.10.2025 р. заключено 18 договорів з різними суб'єктами господарської діяльності на загальну суму 1087239 грн. За договорами з ДП «Ліси України» науковці Інституту виконують три теми: 1) «Особливості ведення лісгосподарської діяльності на основі цільового діаметру: ризики та можливі наслідки»; 2) «Розробка порядку інвентаризації лісових автомобільних доріг»; 3) «Наукові дослідження інвентаризаційного та моніторингового характеру на території землекористувачів, землі яких включені до складу філії «Карпатський лісовий офіс» Болахівського надлісництва стосовно визначення та віднесення репрезентативних ділянок, червонокнижних та зникаючих видів, особливо цінних захисних ділянок».

Спільно із Карпатським біосферним заповідником здійснено заходи з організації Міжнародного круглого столу в порядку виконання завдань у рамках Карпатської конвенції та подальших перспектив розвитку Карпатського регіону України. Науковці Інституту підготували низку документів, спрямованих на вироблення позиції України стосовно виконання регламентів Європейського Союзу, які відносяться до охорони і збереження цінних природних об'єктів.

Науковцями Інституту розроблено «Методичні рекомендації з підготовки звіту з оцінки впливу на довкілля планованої лісгосподарської діяльності на водозбори гірських лісів Українських Карпат», які затверджені наказом Міндовкілля України.

Кафедра лісового і аграрного менеджменту Карпатського національного університету імені Василя Стефаника, де працюють члени Академії, бере участь у Міжнародному проєкті «Співпраця у викладанні та дослідженнях щодо важливості рослинності для пом'якшення глобальних кліматичних змін» з університетом ім. Григора Менделя (м. Брно, Чехія).

Ще одним структурним підрозділом Західного відділення ЛАН України є Прикарпатський фаховий коледж лісового господарства і туризму. Директор коледжу, академік ЛАН України Ю.І. Черневий є автором монографічної роботи «Екологія лісів Карпатської частини басейну ріки Дністер: гетерогенність та динаміка формування», яка опублікована у 2025 році.

Проректор з наукової роботи Національного лісотехнічного університету України, академік В.В. Лавний доповнив звіт Західного відділення науковим доробком працівників Національного лісотехнічного університету України – членів Лісівничої академії. Доповідач наголосив, що НЛТУ України у 2025 р. підтвердив високий рівень своєї наукової діяльності, увійшовши до п'ятірки найкращих закладів вищої освіти України за результатами державної атестації науково-технічної діяльності в аграрно-ветеринарному напрямі. За підсумками оцінювання, НЛТУ України отримав 64 бали атестаційної оцінки та увійшов до групи Б, що засвідчує стабільно високі результати роботи науковців університету.

За результатами наукової діяльності професорсько-викладацького складу університету у виданнях, які входять до наукометричної бази Scopus, опубліковано 681 статтю 275 авторів, а кількість цитувань цих праць становить понад 8,4 тис., індекс Гірша – 39. За незалежним міжнародним рейтингом “Ukrainian National H-index Ranking”, який враховує показники 228 закладів вищої освіти та 451 наукової організації України, НЛТУ України посів 57 місце.

Під час візиту науковців НЛТУ України до Університету сталого розвитку Еберсвальде Національний лісотехнічний університет України було прийнято до Альянсу “COPERNICUS” (Європейської мережі вищої освіти для сталого розвитку). Ректор НЛТУ України Володимир Загорський підписав акт про приєднання до Альянсу та отримав сертифікат від канцлера HNEE Маркуса Кьонеке.

12 червня 2025 р. відбувся VI Міжнародний лісопромисловий форум «Лісовий сектор України: сьогодення і майбутнє». Традиційно співорганізатором та партнером цього масштабного галузевого заходу виступив НЛТУ України. Форум об'єднав понад 300 учасників – представників органів державної влади, деревообробного бізнесу, наукових установ, міжнародних організацій та профільних закладів вищої освіти, народних депутатів. У фокусі – обговорення необхідності відновлення лісових територій та забезпечення сталого лісового господарства в аспекті викликів воєнного часу.

30 червня 2025 р. у Національному лісотехнічному університеті України відбувся круглий

стіл на тему «Подолання прогалін: удосконалення правових та політичних механізмів для сталого управління лісами в умовах змін клімату». Цей захід об'єднав провідних українських і міжнародних фахівців лісового сектору, представників органів державної влади, науковців та експертів, які обговорили актуальні виклики та перспективи розвитку лісового господарства в Україні.

У рамках проєкту «Структура та біорізноманіття пралісів: Швейцарсько-українська дослідницька співпраця» організовано Літню школу у Швейцарії, яка проходила 07-13.09.2025 у містечку Арцегно (кантон Тессін). Тема літньої школи – дослідження ресурсів старовікових лісів.

З 2023 р. в НЛТУ України за участю членів Лісівничої академії наук України реалізується грант Національного фонду досліджень України 021.01/0184 «Лісівничі та молекулярно-генетичні засади підвищення біотичної стійкості деревостанів сосни звичайної в контексті адаптації до змін клімату». У рамках проєкту вперше було проведено комплексне дослідження соснових лісостанів за лісотипологічними, лісівничими, таксаційними, геоботанічними, електрофізіологічними, деревинознавчими, лісовідновними, фітопатологічними та ентомологічними показниками в умовах зміни клімату. Отримані результати дають змогу оптимізувати розроблення і проведення лісогосподарських заходів, спрямованих на відтворення деревостанів сосни звичайної на основі природного поновлення та підвищення їхньої біотичної стійкості і продуктивності. Виконавцями проєкту також визначено потенційні гени-кандидати для селекції генотипів сосни, стійких до мультистресів і показано, що бактерізація насіння сосни штамами ендofітних бактерій є перспективним, екологічно сприятливим способом оздоровлення садивного матеріалу та покращення його мікробіому. Грантова підтримка у розмірі 2,4 млн грн активізувала розвиток дослідницької інфраструктури університету.

Учені НЛТУ України разом з іноземними партнерами виконують ще два важливих проєкти. Перший з них, проєкт EABRACE «Вторгнення ясеневіої смарагдової вузькотілої златки: вивчення моделей поширення та динаміки біорізноманіття жуків для стратегічних заходів збереження», фінансований Шведським інститутом та Центром пошкодження лісів Шведського сільськогосподарського університету. Проєкт об'єднує дослідників і представників національних організацій із захисту рослин (НОЗР) з Латвії, Литви, Польщі, Швеції та України. Керівники проєкту – доцент кафедри лісівництва, д.б.н., Ірина Мацяx та професор цієї ж кафедри, доктор с.-г. наук Володимир Крамарець.

Проєкт здійснюється у тісній співпраці із працівниками Центральної (м. Київ) та Львівської фітосанітарних лабораторій Держпродспоживслужби. Доцент І.П. Мацяx та професор В.О. Крамарець 15 травня 2025 р. брали участь у роботі науково-практичної конференції, організованої Держпродспоживслужбою щодо проблем поширення ясеневіої смарагдової вузькотілої златки. У рамках проєкту в квітні 2025 р. для спеціалістів фітосанітарних лабораторій було проведено навчання в м. Києві, а в липні 2025 р. – семінар для спеціалістів захисту лісу на базі Гайсинського надлісництва філії "Центральний лісовий офіс".

16-17 жовтня 2025 р. 50 учасників з 16 країн взяли участь у роботі семінару (воркшопу) «EABRACE – перший рік досвіду балтійських партнерів», який був проведений в Університеті сільського господарства в м. Кракові (Польща). Організатором семінару була доцент І. Мацяx. Вагому допомогу у проведенні семінару надали польські колеги – Jaroslaw Socha (декан лісогосподарського факультету) та Magdalena Kasprzyk (співвиконавець проєкту на території Польщі).

Другий проєкт – FORSAID «Нагляд за лісами з допомогою штучного інтелекту та цифрових технологій FORSAID», фінансований за програмою Horizon Europe. Учасниками проєкту є 16 університетів, дослідних центрів та інших установ із дев'яти країн Європи. Керівники проєкту – працівники кафедри лісівництва – доцент І.П. Мацяx та професор В.О. Крамарець. У виконанні проєкту також беруть участь професори Л.С. Осадчук та П.Б. Хоецький, ст. викл. Л.М. Кондратюк, студенти та аспіранти НЛТУ України.

У рамках проєкту проводилося тестування сучасних автоматизованих пасток для контролю чисельності короїда-типографа та дубового похідного шовкопряда. Інформація з цих пасток про кількість спійманих комах, температуру повітря та опади надходила щодень на комп'ютери і телефони учасників проєкту.

Для спеціалістів лісозахисних підприємств ДСЛП «Київлісозахист», ДСЛП «Херсонлісозахист», фахівців із захисту лісу філії "Центральний лісовий офіс" ДП "Ліси України" 16 липня 2025 р. на базі Ободівського лісництва (Гайсинське надлісництво філії "Центральний лісовий офіс") проведено семінар, на якому були продемонстровані сучасні методи досліджень динаміки потенційних шкідників лісу, методів контролю чисельності комах за допомогою автоматизованих пасток.

За результатами першого року виконання проєкту, 11-12 вересня 2025 р. була проведена зустріч у м. Каркавелуш (Португалія), де учасники проєкту представили основні результати роботи за різними напрямками досліджень та окреслили

завдання на наступний період. У роботі цієї наради брали участь доцент І. Мацях, професор В. Крамарець, ст. викл. Л. Кондратюк.

Виступаючий також зазначив, що Державна служба якості освіти України 31.10.2025 р. оприлюднила перелік закладів вищої освіти за ступенями ризику у сфері забезпечення якості освітньої діяльності на 2025/2026 навчальний рік. Так, за результатами оцінювання 262 закладів вищої освіти України 20 ЗВО (7%) віднесено до суб'єктів із високим ступенем ризику; 180 ЗВО (69%) – із середнім ступенем ризику; 62 ЗВО (24%) – із незначним ступенем ризику. Національний лісотехнічний університет України віднесено до категорії з незначним ступенем ризику. Такий результат підтверджує стабільну якість освітнього процесу, ефективність управлінських рішень і дотримання вимог законодавства у сфері вищої освіти.

Керівник *Центрального відділення* ЛАН України академік Р.Д. Василюшин зазначив, що діяльність Центрального відділення Лісівничої академії наук України у поточному році була спрямована на активізацію і реалізацію досліджень лісових та урбанізованих екосистем в умовах глобальних кліматичних змін і війни, а також популяризацію лісівничої науки та освіти з метою формування передумов сталого розвитку лісового господарства у повоєнний період.

Основними напрямками наукових досліджень членів Центрального відділення ЛАН України у 2025 році були: наукові основи прогнозу росту основних лісотвірних порід України; методичні основи та інформаційне забезпечення оцінювання екосистемних функцій лісів та вплив війни на функціонування лісових фітоценозів; науково-методичні засади та інформаційний інструментарій оцінювання емісії вуглецю внаслідок порушень, зумовлених військовими діями; прикладні рішення оцінювання екосистемного потенціалу та особливості управління самосійними лісами; науково-методичне забезпечення розвитку інвентаризації лісових ресурсів; практичні засади фітодизайнологічної екотрансформації насаджень ландшафтів мегаполісів; науково-методичне забезпечення оцінювання ризику, прогнозування та попередження пожеж; наукове обґрунтування та розроблення сучасних методів оцінювання прижиттєвих вад деревини; біотехнологічні засади збереження генофонду історично цінних багатовікових дерев.

За звітний період у спеціалізованих вчених радах Інституту було захищено одну докторську та шість дисертацій на отримання наукового ступеня доктора філософії. За результатами завершених досліджень упродовж звітного періоду опубліковано: монографій – 10; посібників і підручників – 10; до-

відників, словників – 2; наукових статей – 67; патентів – 6; авторських свідоцтв – 26; науково-методичних рекомендацій – 8. Для виконання досліджень до спецфонду залучено понад 8 млн грн.

За звітний період науковцями Центрального відділення ЛАН України взято також участь у виконанні семи міжнародних наукових проєктів та підготовлено понад 50 наукових праць у журналах, що включені до наукометричних баз Scopus та Web of Science. Сумарний h-index Гірша становить понад 220.

За звітний період відбувалася активна взаємодія з органами державної влади шляхом участі науковців у науково-технічних, науково-методичних і громадських радах Міністерств, а також через проведення низки круглих столів та інших організаційних заходів на базі Інституту та відокремленого підрозділу НУБіП України «Боярська ЛДС».

Керівник *Східного відділення* ЛАН України академік В.Л. Мешкова відзначила, що на сьогоднішні відділення налічує 27 членів, зокрема шість академіків, 22 члени-кореспонденти і три Колективні члени. Більшість з них працюють в УкрНДІЛГА та його дослідній мережі, решта – у Державному біотехнологічному університеті (м. Харків), Харківському національному університеті міського господарства ім. О.М. Бекетова та Сумському національному аграрному університеті.

Впродовж звітного періоду досліджено вплив видів і способів рубок на лісівничо-таксаційні показники, стан, товарно-сортиментну структуру деревостанів, процеси природного відновлення лісових деревних видів. Розпочато аналіз доступних баз даних ландшафтних пожеж в Україні за 2024 і 2025 рр., зокрема особливостей формування комплексів горючих матеріалів. Дендрохронологічними методами проаналізовано реакцію деревних видів на зміну клімату та дію інших чинників у лісових і міських насадженнях. Оцінено інтенсивність репродукції клонів сосни звичайної, дуба звичайного, ялини європейської та псевдотсуги Мензіса, стан та інвазійну активність модрина гібридної, лип широколистої, маньчжурської і дрібнолистої, ліщини деревоподібної. Оцінено стан лісових культур дуба звичайного, сосни звичайної, модрина європейської, псевдотсуги Мензіса (дугласії) та ялиці білої, створених сіянцями із закритою кореневою системою.

Побудовані карти змін площі осередків, кількості, частоти і тривалості спалахів зеленої дубової листовійки за областями України у 1978-2001 і 2002-2025 рр. Проаналізовано динаміку стану дерев сосни на пробних площах після випуску ентомофага *Thanasimus formicarius* в осередки короїдів у Чернігівській, Сумській і Харківській областях. Виявлено особливості динаміки сезонного розви-

тку ясенової смарагдової вузькотілої златки. Тривають дослідження маловідомих шкідників жолудів *Blastobasis glandulella* та *Andricus foecundatrix*.

Підготовлено аналітичну записку стосовно оптимізації переліку показників, які збирають під час проведення наземної інвентаризації лісів, та інтеграції нових показників, які можуть бути отримані за допомогою методів дистанційного зондування Землі. Презентовано проєкт методики виділення, оцінювання та розроблення заходів щодо збереження репрезентативних ділянок абorigенних екосистем (РДАЕ) відповідно до міжнародних стандартів системи ведення лісового господарства (FSC) для філій «Столичний, Поліський, Центральний, Подільський, Карпатський, Слобожанський лісові офіси».

На НТР ДАЛРУ розглянуто чотири нормативні документи, підготовлено близько 20 пропозицій і обґрунтувань.

Члени Східного відділення ЛАН України беруть участь у міжнародних проєктах «Модернізація магістерських програм для підтримки трансформації лісового сектору на шляху до післявоєнної зеленої відбудови України (ForestPost)», Програми Erasmus+ Євросоюзу (разом із іншими університетами України, Румунії, Німеччини, Іспанії, підприємствами лісової та споріднених галузей), у проєктах EUFGIS (Європейська ГІС база даних лісових генетичних ресурсів), COST Action UB3Guard): «Захист європейських міських дерев та лісів шляхом покращення біобезпеки, збереження лісового біорізноманіття в умовах вторгнення чужорідних видів», «Посилення спроможності моніторингу лісів України відповідно до вимог ЄС», «Стале постачання сировини для лісової енергетики в Україні» (разом з Інститутом природних ресурсів Фінляндії, Фінським лісовим центром, Держлісагентством України і ВО «Укрдержліспроєкт».

У квітні 2025 р. на засіданні Президії НАН України представлено доповідь члена-кореспондента НАН України, академіка ЛАН України директора УкрНДІЛГА В.П. Ткача «Сучасний стан лісів в Україні: вплив глобального потепління та російської агресії». За результатами доповіді рекомендовано поставити перед Міндовкіллям питання про необхідність утворення міжвідомчих робочих груп щодо розроблення нової редакції «Лісового кодексу» та уніфікації методик визначення збитків, завданих Україні внаслідок російської збройної агресії.

Науковці відділення взяли участь у 15 міжнародних конференціях. Впродовж 2025 р. членами Східного відділення ЛАН України опубліковано 200 праць, зокрема 30 у збірниках, що входять до наукометричних баз даних Scopus та Web of Science. Серед друкованих праць три монографії, один посібник, 52 статті, 100 тез доповідей.

Вийшов друком 146-ий випуск збірника «Лісівництво і агролісомеліорація», проіндексований у міжнародній наукометричній базі Index Copernicus International, та 4-ий випуск збірника «Лісівничо-екологічні проблеми Східного Полісся України».

Члени відділення рецензують статті, подані в журнали баз Scopus та Web of Science, є запрошеними редакторами (Guest-Editors MDPI Forests) і членами редколегій (Folia Forestalia Polonica), ведуть пропаганду наукових знань.

На вебсайтах розміщено 290 публікацій, проведено 34 екскурсії, прочитано 25 лекцій та надано 48 консультацій, взято участь в одній виставці.

УкрНДІЛГА успішно пройшов державну атестацію та увійшов у топ-10 наукових установ і закладів вищої освіти за аграрно-ветеринарним напрямом у двох номінаціях (за публікаціями у виданнях міжнародних наукометричних баз Scopus і Web of Science, а також за кількістю заявок на міжнародні гранти).

В обговоренні звітів відділень взяли участь академіки Г.Т. Криницький, Л.І. Копій, Ю.І. Черневий, член-кореспондент В.Л. Коржов. Виступаючи наголошували на значному науковому і практичному доробку відділень. Незважаючи на складну ситуацію в державі у зв'язку з російською агресією, вчені продовжують наукові пошуки щодо вирішення важливих проблем сьогодення у лісовій галузі. Наголошено також на поглибленні співпраці з європейськими партнерами, на збільшенні кількості грантів. Рекомендовано схвалити звіти і продовжувати активну співпрацю з іноземними партнерами для вирішення проблем з ефективного функціонування лісової галузі.

Загальні збори також заслухали звіт про фінансову діяльність Академії у поточному 2025 році. Відзначено необхідність пошуку шляхів забезпечення фінансової стабільності громадської організації. Основні видатки ЛАН України були спрямовані на випуск «Наукових праць ЛАН України», перереєстрацію наукового видання, проведення Загальних зборів, засідання Президії ЛАН України. Поточні витрати Академії зведені до мінімального рівня. Члени Академії відзначили необхідність проведення міжнародної співпраці для покращення фінансового стану ЛАН України.

З науковою доповіддю «Наближене до природи лісівництво в контексті рішень ДП «Ліси України» виступив перший віце-президент ЛАН України, академік ЛАН України, професор П.І. Лакида.

Учений відзначив чинники, що викликали перехід лісової галузі України до ведення господарства на засадах вибіркового наближеного до природи лісівництва (НПЛ): 1. Кліматичні зміни. 2. Виснаження лісових ресурсів і деградація лісових екосистем. 3. Євроінтеграційні процеси та відповідність міжнародним стандартам. 4. Потреба

у підвищенні довіри суспільства до лісового сектору. 5. Законодавчі зміни та реформування лісового господарства.

Виступаючий акцентував увагу на основних характеристиках сучасної моделі українського лісівництва: *механістичний підхід* до ведення лісового господарства (домінування планових суцільних рубок головного користування); *висока частка штучних деревостанів*; *обмежене застосування методів НПЛ*; *недостатнє врахування екосистемних послуг* (вуглецедепонування, біорізноманіття, рекреація тощо); *низький рівень громадської участі та прозорості прийняття рішень*; *фрагментованість законодавства* (неузгодженість між природоохоронним та господарським законодавством); *недостатня імплементація європейських підходів* до сталого лісогосподарювання (SFM – Sustainable Forest Management); *слабка інтеграція кліматичної політики* (відсутність обов'язкових критеріїв для збереження вуглецю в лісах); *фінансова залежність підприємств від обсягів заготівлі деревини*.

Європейські підходи до ведення НПЛ суттєво різняться від таких в Україні. Так, у Північно-Східній Європі поширена концепція імітування природних процесів і збереження природних структур (ключових середовищ існування, мертвої деревини і т.д.); у Центральній та Східній Європі переважає НПЛ відповідно до принципів «*Pro Silva*» (включає ринкові та неринкові цілі і бере до уваги всю лісову екосистему); у Західній Європі здебільшого використовують лісогосподарювання за принципом «постійний лісовий покрив» (*Continuous Cover Forestry – CCF*).

Європейський досвід ведення НПЛ – це сталий підхід до управління лісами, який базується на принципах: *збереження різноманіття* – використання мішаних лісів з різними деревними видами різного віку; *неперервне лісовідновлення* – застосування вибіркових або поступових рубок з обов'язковим сприянням природному поновленню або створенню піднаметових лісових культур; *пріоритет природного поновлення* – підтримка саморегенерації лісів шляхом природного поновлення; *мінімальне втручання у ґрунт та екосистему* – обмеження механічного впливу, збереження мертвої деревини; *локальні підходи* – лісівництво пристосовується до місцевих екологічних умов.

Переваги європейського досвіду ведення НПЛ полягають у використанні таких позицій: вища стійкість лісів до змін клімату та шкідників; збереження біорізноманіття та екосистемних послуг; зменшення витрат на лісовідновлення; соціальна підтримка завдяки збереженню рекреаційної цінності лісу.

Реалізація НПЛ в ДП «Ліси України» здійснюється за такими основними напрямками:

1. *Адаптація систем ведення лісового господарства до природно-кліматичних умов та екологічного потенціалу кожного лісорослинного регіону з урахуванням зонального підходу.*
2. *Визначення господарських територій та лісових ділянок, де має застосовуватися НПЛ.*
3. *Розроблення локальних нормативних актів ДП «Ліси України» щодо визначення інтенсивності лісівничих заходів з переформування деревостанів та розрахунку обсягів вилучення деревини в процесі переформування різних типів деревостанів в системі НПЛ.*
4. *Розроблення пропозицій щодо необхідності внесення відповідних змін до нормативних актів, які регулюють проведення лісовпорядкування.*
5. *Поступова відмова від суцільних рубок головного користування на користь вибіркових і поступових систем рубок.*
6. *Проведення ґрунтово-лісотипологічного обстеження лісових земель ДП «Ліси України» в лісорослинних регіонах впровадження НПЛ (Карпати, Полісся та Лісостеп).*
7. *Відновлення природної структури лісів* (сприяння природному поновленню деревостанів, формування різновікових багатоярусних мішаних деревостанів, відновлення автохтонних деревних видів).
8. *Зміна підходів до лісовідновлення та лісорозведення.*
9. *Посилення ролі наукового супроводу та моніторингу в управлінні лісами, зокрема шляхом застосування сертифікаційних індикаторів сталого лісокористування (FSC та PEFC) та оцінювання ефективності запроваджених практик.*
10. *Інтеграція екологічних, економічних і соціальних цілей у планування та управління лісами.*
11. *Освітня та комунікаційна підтримка впровадження НПЛ* (підвищення кваліфікації працівників, підготовка сертифікованих тренерів за кордоном).
12. *Технічне і технологічне забезпечення процесів НПЛ в ДП «Ліси України»* (розширення мережі лісових автомобільних доріг, використання сучасних технологічних процесів лісосічних робіт).
13. *Раціональне полювання з метою зменшення щільності копитних, які пошкоджують природне поновлення.*

Потенційні джерела фінансування для реалізації Стратегії НПЛ: власні кошти підприємств; державний бюджет (програми розвитку лісового господарства, охорони природи); міжнародні проекти технічної допомоги (FAO, UNECE, GIZ, ЄС, Світовий банк, WWF тощо); фінансування за рахунок екологічного податку та платежів за користування природними ресурсами; державні та приватні інвестиції в сталий розвиток і кліматично орієнтовані проекти; добровільний вуглецевий ринок – можливе залучення коштів через проекти лісового поглинання CO₂; гранти та партнерські програми з громадянським суспільством і бізнесом.

Висновок. НПЛ пропонує системний і адаптивний підхід до ведення лісового господарства

ДП «Ліси України», що базується на принципах екологічної рівноваги, збереження природних процесів та посилення ролі лісів як стабілізатора довкілля, для формування сучасної, сталої та екологічно орієнтованої лісової політики в Україні.

В обговоренні доповіді взяли участь академіки Г.Т. Криницький, Ю.М. Дебринюк, В.В. Лавний, Ю.І. Черневий. Виступаючи акцентували увагу на значній перспективі ведення лісового господарства на засадах наближеного до природи лісівництва, на ефективності використання європейського досвіду.

За результатами обговорення була прийнята **Ухвала**, основна суть якої полягає у таких положеннях.

1. Наукову доповідь першого віце-президента ЛАН України, академіка ЛАН України професора П.І. Лакиди «Наближене до природи лісівництво в контексті рішень ДП «Ліси України» взяти до відома і відзначити актуальність переходу лісового господарства України від переважаючої суцільно-лісосічної системи господарювання до вибіркової наближеної до природи.

2. Вважати пріоритетними дослідження з опрацювання механізмів і принципів запровадження в Україні наближеного до природи лісівництва у контексті збільшення біорізноманіття лісів, підвищення їхньої стійкості і продуктивності, попередження природних катаклізмів, ефективного використання екологічних, економічних і соціальних функцій.

3. Рекомендувати Державному агентству лісових ресурсів України забезпечувати розробку і виконання дійових заходів, спрямованих на:

- запровадження поступового переходу від переважаючих суцільно-лісосічних способів рубок до раціонального застосування поступових і вибірових способів рубок, формування складної різновікової структури деревостанів;

- виконання постанови Кабінету Міністрів України (від 23.04.2024р. № 454) “Деякі питання ведення лісового господарства у період дії правового режиму воєнного стану та внесення змін до постанови Кабінету Міністрів України від 12 травня 2007 р. № 724” щодо заборони суцільних рубок у гірських лісах Карпат, починаючи з 2027 року;

- збільшення частки застосування в майбутньому переважно вибіркової, наближеної до природи системи ведення лісового господарства у рівнинних лісах України;

- вдосконалення системи нормативно-правових документів, що регламентують лісгосподарську діяльність, насамперед вимог щодо проведення рубок різного цільового призначення;

- розширення обсягів наукових досліджень з опрацювання раціональних шляхів запрова-

дження в Україні наближеного до природи лісівництва з урахуванням конкретних природно-виробничих умов лісгосподарської діяльності.

4. Рекомендувати закладам вищої освіти, науково-дослідним інститутам лісового профілю:

- посилити практичну спрямованість виконуваних досліджень та врахування тенденцій розвитку лісгосподарської діяльності на сучасному етапі прояву кліматичних змін;

- планувати виконання науково-дослідних робіт, підготовку кандидатських і докторських дисертацій за тематикою наближеного до природи лісівництва, організовувати конференції і семінари з цього питання;

- вводити у навчальний процес курси лекцій і практичних занять з наближеного до природи лісівництва та практикувати видання відповідних навчальних посібників і методичних матеріалів для підготовки студентів, викладачів і перепідготовки лісівників-практиків.

Загальні збори також розглянули і затвердили уточнену редакцію Статуту ЛАН України. Зміни стосуються, насамперед, уточнення критеріїв, яким повинні відповідати претенденти на заміщення посад дійсного члена (академіка) та асоційованого члена (член-кореспондента) ЛАН України.

Загальні збори правомочні вирішувати таке важливе питання як оновлення особового складу Академії. Було вирішено збільшити квоту член-кореспондентів Академії з 95 до 100 чоловік. Беручи до уваги існуючу квоту, на вакантні місця академіків претендували чотири професори, доктори наук, член-кореспонденти ЛАН України, а на вакантні місця член-кореспондентів – 13 осіб – професорів, доцентів, докторів і кандидатів наук. За результатами таємного голосування 17 претендентів за більшістю голосів стали академіками та член-кореспондентами ЛАН України.

Загальні збори внесли зміни у склад Президії ЛАН України. Зокрема, членом Президії було обрано академіка ЛАН України, доктора біологічних наук, директора Прикарпатського фахового коледжу лісового господарства і туризму Ю.І. Черневого. За рішенням Загальних зборів, це дасть можливість тісніше співпрацювати Лісівничій академії з цим навчальним закладом для покращення підготовки майбутніх фахівців лісового господарства.

Академік-секретар ЛАН України Ю.М. Дебринюк ознайомив Загальні збори з ситуацією щодо періодичності випуску «Наукових праць Лісівничої академії наук України». До друку подано випуск 28 Наукових праць, активно ведеться робота з підготовки до друку 29-го випуску. Академічну спільноту було ознайомлено з Наказом «Про внесення змін до Порядку формування Пе-

реліку наукових фахових видань України». Переєстрація наукових фахових видань повинна розпочатись з лютого 2026 року.

Ще одним питанням Загальних зборів було нагородження членів Академії нагрудним знаком «Видатний вчений-лісівник України». Цим знаком можуть бути нагороджені видатні вітчизняні вчені, які зробили вагомий внесок у розвиток і розбудову лісівничої або інших споріднених галузей науки, є виразниками і носіями передової наукової думки в Україні та за її межами щодо відтворення, примноження, раціональної експлуатації природних багатств, охорони та захисту довкілля, всебічно допомагають Академії у здійсненні її завдань і функцій, в отриманні інформації, необхідної для її ефективної діяльності, проводять пропагандистську та просвітницьку роботу щодо діяльності Академії як в Україні, так і за її межами.

За рекомендацією Президії ЛАН України та одноголосним рішенням Загальних зборів, цю нагороду було вручено: академіку Лісівничої акаде-

мії наук України, доктору біологічних наук, професору НЛТУ України *М.І. Сороці*; академіку Лісівничої академії наук України, доктору сільськогосподарських наук, професору НУБіП України *В.Ю. Юхновському*; член-кореспонденту Лісівничої академії наук України, провідному науковому співробітнику, заступнику директора з наукової роботи Українського науково-дослідного інституту гірського лісівництва імені П.С. Пастернака, кандидату технічних наук, старшому науковому співробітнику *В.Л. Коржову*.

Президент ЛАН України також вручив дипломи академікам і член-кореспондентам Лісівничої академії наук України, яких було обрано до складу Академії минулими Загальними зборами.

На завершення Загальних зборів Президент ЛАН України професор Г.Т. Криницький побажав академічній лісівничій спільноті нових наукових звершень на лісівничій ниві для блага Української держави.

AREAS AND PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF FORESTRY IN UKRAINE IN THE CONTEXT OF CLOSE-TO-NATURE FOREST MANAGEMENT (based on the materials of the General Meeting of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, 7 November 2025)

Н. Krynytskyi, Iu. Debryniuk, R. Vasylyshyn, O. Holubchak, V. Lavnyy, P. Lakyda,
V. Meshkova, M. Sishchuk

On November 7, 2025, the General Meeting of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine was held. The participants of the Meeting were welcomed by the President of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Academician of the Academy, Professor Hryhoriy Krynytskyi.

A welcoming address was delivered by The Rector of the Ukrainian National Forestry University, Academician of the Academy, Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Ukraine, Professor Volodymyr Zahorskyi, who emphasized the significant achievements of the Ukrainian National Forestry University in scientific, educational, and international activities. Owing to the substantial accomplishments of the university academic staff, the higher education institution has been classified as an institution with a low level of risk, which is the best result among higher education institutions in the city of Lviv.

Scientific reports on the work carried out during the reporting period were presented by the Vice-Rector for Research, Academician of the Academy, Professor Vasyl Lavnyy; Head of the Western Branch – Academician of the Academy, Leading Researcher at the Ukrainian Research Institute of Mountain Forestry Oleksii Holubchak; Head of the Central Branch – Academician of the Academy, Professor Roman Vasylyshyn; and Head

of the Eastern Branch – Academician of the Academy, Professor Valentyna Meshkova.

A scientific presentation entitled “Close-to-Nature Forestry in the Context of the Decisions of SE ‘Forests of Ukraine’” was delivered by the First Vice-President of the Academy, Academician of the Academy, Professor Petro Lakyda. The speaker emphasized that the need to abandon clear-cutting systems had become a pressing issue. However, the transition to a system of selection forest management is associated with numerous challenges, the overcoming of which will require considerable effort.

The General Meeting also heard a report on the Academy’s financial activities, reviewed and approved the revised version of the Charter of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, and received information regarding amendments to the Procedure for the Formation of Scientific Professional Publications of Ukraine.

The Academy’s membership was expanded by four full members (Academicians) and thirteen Corresponding Members. Three members of the Academy — Academicians Myroslava Soroka and Vasyl Yukhnovskyi, and Corresponding Member Volodymyr Korzhov — were awarded the badge “Outstanding Forestry Scientist of Ukraine” for their significant contribution to the development and advancement of forest science.

1. БІОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ РОСЛИННИХ УГРУПОВАНЬ



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

<http://fasu.nltu.edu.ua>
<https://doi.org/10.36930/412518>
Article received 2025.06.04
Article revised 2025.10.27
Article accepted 2025.11.20
Article published 2026.03.10

ISSN 1991-606X print
ISSN 2616-5015 online
@ ✉ Correspondence author
Hryhoriy Krynytskyi
krynytsk@ukr.net
103 General Chuprynka St.,
Lviv, 79057, Ukraine

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 (CC BY 4.0) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)



УДК 630*182.47 : 630*228.3

Трав'яне вкриття та режим екологічних факторів у грабово-дубових лісостанах Ківерцівського національного природного парку «Думанська пуща»

Г.В. Герасимчук¹, Г.Т. Криницький², Н.Г. Луців³, О.Б. Михайлів⁴

Охарактеризовано видовий склад, проєктивне поширення, трапляння та рясність трав'яного вкриття. Наведено характеристику виявлених видів трав'яних рослин за відношенням до екологічних чинників: вологості і трофності ґрунту, його содового режиму і кислотності, режиму затінення. Лісорослинні умови природних лісостанів Ківерцівського національного природного парку «Думанська пуща» відповідають режиму вологолісолучного типу зволоження, яке є найстабільнішим порівняно з іншими кліматичними та едафічними факторами.

¹ Герасимчук Галина Василівна – молодший науковий співробітник кафедри лісівництва. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. E-mail: galinanpr22@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7036-9653>

² Криницький Григорій Томкович – академік Лісівничої академії наук України, Президент ЛАН України, доктор біологічних наук, професор, Заслужений діяч науки і техніки, професор кафедри лісівництва. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. E-mail: krynytsk@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7020-9991>

³ Луців Наталія Григорівна – член-кореспондент Лісівничої академії наук України, кандидат економічних наук, доцент кафедри економіки, туризму і рекреації. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. E-mail: natalusiv@gmail.com ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5588-7778>

⁴ Михайлів Оксана Богданівна – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри лісівництва. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. E-mail: o.mykhayliv@nltu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6794-9670>

В усіх сформованих деревостанах спостережено підвищення змінності зволоження лісорослинних умов із зростанням їх віку та формуванням проміжного між суббореальним і неморальним типом терморезиму та субгумідним типом омброрезиму.

Екологічні фактори у лісостанах змінюються залежно від складу і віку деревостану. Зокрема виявлено, що за відношенням до теплового режиму, кислотності ґрунту та режиму затінення, відмінностей у видовому складі рослин практично не спостерігається. На території Парку переважають неморальні елементи флори, рослини слабокислих ґрунтів і за вибагливістю до освітлення – світлолюбні види. У відношенні до водного режиму панують мегатрофи-мезофіти, що відповідає ґрунтово-кліматичним умовам, характерним для лісових екосистем регіону. За вимогливістю до родючості ґрунту переважають рослини-мегатрофи.

Наявність значної кількості рідкісних рослин у складі досліджуваних насаджень свідчить про їхню унікальність і необхідність запровадження природоохоронних заходів у Ківерцівському НПП «Цуманська пуця».

Ключові слова: фітоіндикація; функціонування; біорізноманіття; довкілля; закономірності формування; деревостан; постійна пробна площа; видовий склад; лісова екосистема.

Вступ (Introduction).

Вивчення природних процесів, постійне спостереження за змінами екосистем, екологічне прогнозування, розроблення наукових основ охорони, відтворення і використання природних ресурсів та особливо цінних об'єктів відповідно до Законів України «Про природно-заповідний фонд України», «Про наукову і науково-технічну діяльність», «Положення про наукову діяльність заповідників та національних природних парків України» та інших вимог законодавства є актуальним завданням, має як теоретичне, так і практичне значення (Збереження біорізноманіття ..., 2003; Hawkworth, & Bull, 2007).

Лісові фітоценози чутливо реагують на зміну екологічних факторів та відображають характер змін структури і властивостей функціонування екосистем залежно від їхньої організації (Дідух, Плюта, 1994; Малиновський, Кияк, Білонога, 2004; Краснов, Орлов, Ведмідь, 2009). Одним із важливих і постійних компонентів лісового фітоценозу є трав'яне вкриття, яке, зокрема, виконує функцію біоіндикатора стану довкілля. Види рослин, що входять до складу трав'яного, в також чагарникового ярусів лісових насаджень, відрізняються своєрідними і часто специфічними біологічними властивостями. Кожному з них притаманні особливі екологічні вимоги до умов росту, від рівня реалізації яких залежить стійкість трав'яно-чагарникового ярусу, а через механізм природного поновлення деревних видів – і стійкість лісової екосистеми в цілому (Генсірук, Нижник, Копій, 1998; Gilliam, 2007).

Живе надґрунтове вкриття, як важливий компонент лісової екосистеми, характеризує також її біологічну цілісність і сприйнятливість до дії різних природних та антропогенних чинників. Видовий склад трав'яного вкриття та кількісне співвідношення його окремих видів не випадкове, а закономірне явище у лісовому фітоценозі, пов'язане з

певними кліматичними, ґрунтово-гідрологічними умовами і певним складом деревостанів (Генсірук, 2002; Остапенко, Ткач, 2002). У зв'язку з цим, вагома роль трав'яного ярусу у розвитку лісостанів неодноразово відзначалася фахівцями-екологами, геоботаніками і лісознавцями (Whigham, 2004; Gilliam, 2007; Мазепа, Криницька, 2013; Коваленко, 2016).

Найважливішими факторами довкілля, які впливають на формування трав'яного вкриття, є кліматичні умови, трофічність та вологість ґрунту, освітлення, режим лісогосподарювання. Внаслідок їхнього впливу на лісові екосистеми може погіршуватись стійкість і санітарний стан деревостану, як головного компоненту лісостану, активізуватись розвиток підліску, проявляться ерозія ґрунту та змінюватись трав'яне вкриття (Lovejoy, 2008; Gazol, Ibanez, 2010). Це загалом призводить до зміни екологічних режимів лісового довкілля та відповідних структурно-функціональних змін у лісостанах, напрямів їхнього сукцесійного розвитку (Малиновський та ін., 2004; Криницький, Криницька, Мазепа, 2010; Коваленко, 2015).

Водночас, закономірності формування і функціонування трав'яного вкриття, процеси формування, змін і прояву дії екологічних факторів у лісових насадженнях Ківерцівського НПП вивчені фрагментарно, у недостатньому обсязі та потребують подальшого дослідження.

Мета роботи – охарактеризувати трав'яне вкриття лісових фітоценозів Ківерцівського НПП та режими основних екологічних факторів у грабово-дубових деревостанах різного віку для наукового обґрунтування заходів з охорони і сталого управління лісовими екосистемами Парку.

Об'єкти і методика дослідження (Objects and methods).

Об'єкт дослідження – формування трав'яного вкриття у грабово-дубових лісостанах різного віку Ківерцівського НПП. **Предмет дослідження**

– видовий склад трав'яної рослинності та показники екологічних факторів у деревостанах за участю дуба звичайного.

Обстеження трав'яного вкриття та індикацію екологічних факторів проводили у різновікових грабово-дубових насадженнях Ківерцівського НПП на чотирнадцяти постійних пробних площах (ППП) з різним співвідношенням деревних видів (табл. 1). Для цього використовували стандартні методики обліку трав'яних рослин (Бутейко, 1972; Дідух, 2012). Оцінювання трав'яного вкриття проводили на 15-25 облікових площадках розміром 4 м² кожна, на яких встановлювали видовий склад, загальне проєктивне вкриття та вкриття кожного виду зокрема (%). Ступінь проєктивного вкриття визначали за шка-

лою Г.М. Висоцького (Воробйов, 1967). Уточнення назв видів виконували за визначником (Краснов, Орлов, Ведмідь, 2009).

Формування мікрокліматичних і ґрунтово-гідрологічних умов визначали за допомогою фітоіндикаційної шкали Д.М. Циганова, Я.П. Дідуха та ін. (Дідух, Плюта, 1994; Ellenberg et al., 1992). Екоморфи судинних рослин виражали через амплітуди толерантності відносно режимів десяти чинників: терморежиму клімату (Tm), континентальності клімату (Kn), вологості клімату (Om), морозності клімату (Ct), зволоження ґрунту (Hd), узагальненого сольового режиму ґрунту (Tr), кислотності ґрунту (Rc), багатства ґрунту азотом (Nt), змінності зволоження ґрунту (fH) і режиму затінення (Lc).

Таблиця 1. Лісівничо-таксаційні показники деревостанів на пробних площах
Table 1. Forest-mensuration indicators of stands in sample plots

№ пробної площі	Лісництво	Квартал / виділ	Індекс типу лісу	Склад деревостану	Вік, років	Повнота
1	Горинське	23/22	С ₂ -г-дС	10Дз+Гз, Сз	165	0,71
2	Партизанське	26/3	Дз-гД	8Дз2Гз	185	0,50
3	Партизанське	34/17	Сз-г-дС	2Дз2Ялє3Влч2Гз1Бп	155	0,71
4	Муравищенське	56/14	Сз-г-дС	4Влч3Бп1Сз1Дз1Гз + Яз	60	0,73
5	Сокиричівське	136/22	Сз-гД	9Дз1Влч+Гз + Сз	115	0,66
6	Сокиричівське	136/1	Сз-г-д С	8Дз1Сз1Влч	115	0,62
7	Цуманське	10/36	Сз-г-дС	7Дз1Сз1Бп1Гз	145	0,62
8	Сокиричівське	136/46	Сз-гД	7Дз1Гз1Сз1Влч + Бп, Ос	125	0,61
9	Партизанське	23/3	Сз-гД	7Дз1Влч2Гз	155	0,45
10	Горинське	1/7	Сз-гД	3Дз3Гз4Влч + Яз	185	0,63
11	Берестянське	26/16	Дз-гД	8Дз1Гз1Ос	185	0,51
12	Сокиричівське	135/1	Сз-гД	9Дз1Влч	100	0,60
13	Тростянецьке	65/5	Сз-гД	3Дз3Влч2Бп	65	0,70
14	Тростянецьке	64/13	Сз-гД	3Дз3Бп3Влч1Гз + Яз, Сз	65	0,77

Результати (Results).

Лісові екосистеми вирізняються вираженою вертикальною диференціацією рослин, яка визначає їхню багатоярусну організацію. Важливою структурною і функціональною частиною фітоценозів є трав'яно-чагарниковий ярус. У лісах Ківерцівського НПП висока видова різноманітність лісових трав і широке варіювання їхніх життєвих форм та екологічних властивостей є характерною особливістю.

Унаслідок проведених досліджень у лісових фітоценозах Парку відзначено формування різноманітного за складом деревного і трав'яного вкриття (табл. 1). Деревостани на обстежених ділянках формують три основні деревні види – дуб звичайний (*Quercus robur* L.), сосна звичайна (*Pinus sylvestris* L.), граб звичайний (*Carpinus betulus* L.). Лише на одній з них переважає вільха чорна (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.). Ці деревні види відзначаються різними вимогами до екологічних чинників. Так, дуб звичайний і сосна звичайна є

світлолюбними деревними видами, тоді як граб звичайний належить до тіньовитривалих видів, невибагливих до умов освітленості. Водночас граб вимогливий до родючості та вологості ґрунту. Вільха чорна – світлолюбна, тіньовитривала, досить вимоглива до родючості та зволоженості ґрунту, віддає перевагу місцям зі значним проточним зволоженням (Остапенко, Ткач, 2002). Загалом у районі досліджень деревостани за участю дуба звичайного поширені у трьох типах лісу – свіжий і вологий грабово-дубово-сосновий сугруди і волога грабова судіброва (Герасимчук, 2021).

Окрім географічно зумовлених кліматичних і ґрунтово-гідрологічних умов, під наметом деревних видів формується власний фітоклімат, зокрема світловий режим. На чинники фітоклімату особливо чутливо реагує трав'яне вкриття, що проявляється у зміні його проєктивного поширення. Загалом на пробних площах відзначено 52 види судинних рослин-сільвантів літнього аспекту (табл. 2).

Так, під наметом зімкнутих деревостанів за участю широколистяних порід видовий спектр трав'яних рослин представлений в основному тіньовитривалими і тіньолюбними видами (Андрієнко, 2006; Онищенко, 2006). У межах пробних площ 1, 2, 10, 11, 12, де намет лісостану формує дуб звичайний стиглого та перестійного віку, частка проєктивного вкриття трав змінюється в межах 18-39%.

Спостережено добре розвинуте трав'яне вкриття у вологому грабово-дубово-сосновому су-

груді та вологій грабовій судіброві на пробних площах 3, 7, 8, 9, де його проєктивне поширення становить 44-49%. Тут відзначено найменший видовий склад трав з найбільшою кількістю у травостої *Vaccinium myrtillus*, *Carex sylvatica* та *Milium effusum*. Просторова структура деревостанів на цих пробних площах неоднорідна. Після відмирання окремих дерев утворилися прогалини, які інтенсивно заростають трав'яною рослинністю, зокрема, *Carex sylvatica* та *Milium effusum*.

Таблиця 2. Проєктивне вкриття трав на пробних площах, %
Table 2. Projective cover of herbaceous species in sample plots, %

Види рослин	№ пробних площ													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
<i>Majanthemum bifolium</i> (L.) F.W	–	2	9	4	1	–	5	2	3	1	–	p	13	7
<i>Stellaria holostea</i> L.	–	3	1	8	16	p	5	16	12	7	2	–	11	17
<i>Lamium galeobdolon</i> Grantz	–	2	–	9	15	12	–	18	6	10	3	–	10	17
<i>Galium odoratum</i> (L.) Scop.	–	5	–	–	1	p	–	–	3	4	4	11	–	–
<i>Oxalis acetosella</i> L.	2	6	p	3	8	6	2	–	6	–	4	n	20	10
<i>Dentaria bulbifera</i> L.	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1	–	–	–
<i>Pulmonaria obscura</i> Dumort.	–	n	–	–	1	1	p	n	–	2	p	3	–	–
<i>Asarum europaeum</i> L.	–	p	–	9	p	19	–	4	5	4	3	–	–	2
<i>Sanicula europaea</i> L.	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–	1	–	–	–
<i>Poligonatum multiflorum</i> (L.)	–	p	–	2	p	–	p	1	2	2	2	n	–	–
<i>Anemone nemorosa</i> L.	2	–	–	13	–	–	–	2	–	–	3	–	6	4
<i>Athyrium filix-femina</i> (L.) Roth	1	p	n	–	p	p	1	2	–	n	1	1	–	p
<i>Aegopodium podagraria</i> L.	p	–	–	2	6	3	–	n	3	7	6	2	1	–
<i>Convallaria majalis</i> L.	p	–	1	–	n	–	5	2	–	–	–	1	–	p
<i>Impatiens partiflora</i> L.	6	p	–	n	n	n	–	–	–	–	n	p	–	p
<i>Paris quadrifolia</i> L.	p	–	–	1	–	p	–	n	–	n	n	1	–	–
<i>Ajuga reptans</i> L.	1	–	–	1	n	n	–	–	n	n	p	p	1	1
<i>Urtica dioica</i> L.	n	–	n	–	p	n	–	n	n	1	–	–	–	p
<i>Stachys sylvatica</i> L.	p	–	–	–	p	n	–	–	–	p	p	p	–	–
<i>Geum rivale</i> L.	n	–	–	n	p	5	–	–	–	–	–	1	n	–
<i>Geranium robertianum</i> L.	n	–	–	–	p	–	–	–	–	–	–	n	n	–
<i>Neottia nidus-avis</i> (L.) Rich	n	–	–	–	–	–	–	–	–	–	p	–	–	–
<i>Lilium martagon</i> L.	n	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	n	–	–
<i>Epipactis helleborine</i> (L.) Crantz	–	–	–	–	–	–	–	–	–	n	–	–	n	–
<i>Viola reichenbachiana</i> Jord. ex Boreau	2	p	–	–	1	–	–	–	n	p	1	2	p	1
<i>Alliaria ptiolata</i> (M.Bieb.)	n	–	–	–	–	–	–	–	–	n	n	–	–	–
<i>Carex sylvatica</i> Huds.	n	p	14	3	–	–	1	–	–	–	–	–	–	–
<i>Luzula pilosa</i> (L.) Willd.	–	n	–	–	–	–	–	–	1	–	–	–	–	3
<i>Vinca minor</i> L.	–	n	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Rubus idaeus</i> L.	–	n	n	–	p	p	p	–	1	n	–	–	p	p
<i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.	–	n	n	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1

Види рослин	№ пробних площ													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
<i>Platanthera chlorantha</i> (Cust.) Reichenb.	–	p	–	–	–	–	p	–	n	–	–	–	–	–
<i>Mercurialis perennis</i> L.	–	–	–	–	–	–	–	–	3	–	–	–	–	–
<i>Vaccinium myrtillus</i> L.	–	–	6	–	n	–	14	–	–	–	–	–	–	–
<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn	–	–	2	–	–	–	1	–	–	–	–	–	–	p
<i>Polytrichum commune</i> L.	–	–	7	–	–	–	–	n	–	–	–	–	–	–
<i>Plagiomnium undulatum</i> (Hedw.) T.Kop.	–	–	p	–	–	2	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Trientalis europaea</i> L.	–	–	p	–	–	–	1	–	–	–	–	–	p	–
<i>Actaea spicata</i> L.	n	–	–	n	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Veratrum lobelianum</i> Bernh.	–	–	n	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Isopyrum thalictroides</i> L.	–	–	–	4	–	–	–	–	p	–	–	–	–	–
<i>Ranunculus cassubicus</i> L.	–	–	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–	n	–
<i>Lathyrus vernus</i> (L.) Bernh	–	–	–	2	–	–	–	–	1	p	–	p	–	–
<i>Hedera helix</i> L.	–	–	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Equisetum hyemale</i> L.	–	–	–	–	–	16	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Equisetum sylvaticum</i> L.	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	p
<i>Cruciata glabra</i> (L.) Opiz	–	–	–	p	–	–	–	–	n	–	–	–	–	–
<i>Circaea lutetiana</i> L.	–	–	–	–	p	–	–	–	–	–	–	n	–	–
<i>Glechoma hederacea</i> L.	–	–	–	–	p	n	–	–	1	–	–	–	–	–
<i>Millium effusum</i> L.	p	1	p	p	n	–	12	1	2	1	–	–	–	–
<i>Dryopteris filix-mas</i> (L.) Schott	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	p	1
<i>Daphne mezereum</i> L.	–	–	–	–	–	–	–	–	n	–	–	–	–	–
Загальне проективне вкриття	18	27	44	65	59	69	48	48	49	39	30	22	62	64

Примітка. p – трапляються окремі екземпляри; n – трапляються один-два екземпляри виду

Значно багатшим на видовий склад трав, а також більшим проективним вкриттям трав'яних рослин під наметом деревостанів, характеризуються лісостани, у складі яких переважає дуб або наявна його значна домішка (ППП 5, 6, 13, 14). У деревостанах з перевагою дуба звичайного проективне вкриття трав становить 50-70% відповідно. Серед біорізноманіття трав'яного ярусу обстежених насаджень трапляються такі види рідкісних і малопоширених рослин: *Lilium martagon*, *Epipactis helleborine*, *Neottia nidus-avis*, *Platanthera chlorantha*, *Hedera helix*, *Actaea spicata*, *Equisetum hyemale*, *Daphne mezereum*, *Isopyrum thalictroides*, *Dentaria bulbifera*, *Vinca minor*, *Mercurialis perennis*, які приурочені до дубових фітоценозів. Водночас у зв'язку з тим, що насадження дуба формують тінистий густий намет, панівне становище у трав'яному вкритті займають види рослин тінистих лісів і лише поодинокі трапляються рослини світлих лісів та рослини напіввідкритих просторів.

У лісових екосистемах, порівняно з відкритою територією, змінюються режим сонячної радіації, рівень освітленості й спектральний склад світла. Зниження освітленості під наметом деревостану залежить від зімкнутості деревостану, внаслідок чого найвищий середній бал освітленості у дослідних ценозах (Lc) досягає 6,0 (табл. 3). Максимальної величини у дубових лісостанах

досягає також показник континентальності клімату ($K_n = 8,5$), який відповідає режиму помірно континентального клімату. Найбільший показник гумідності клімату (O_m) у різновікових дубових лісостанах становить 8,9, що відповідає субгумідному типу омброрежиму і свідчить про зростання у них випаровування.

Сформовані в умовах свіжого і вологого грабово-дубово-соснового сугрудів та вологої грабової судіброви лісостани характеризуються проміжним (між суббореальним і неморальним) терморежимом ($T_m = 7,9-8,7$). Така величина середнього бала за фактором T_m відповідає значенню радіаційного балансу 35-43 та 39-44 ккал/см².рік¹.

Дискусія (Discussion).

Найважливішими компонентами чинників, які визначають розподіл лісорослинних угруповань у просторі, ґрунтоутворювальні процеси, характер функціонування екосистем та проходження біогеохімічних реакцій є зволоженість екоотопів і трофічність ґрунту. На території Ківерцівського НПП ці екологічні фактори за розвитком деревних і трав'яних видів близькі до оптимальних. У цьому регіоні розповсюджені досить родючі ґрунти, зайняті дубовими та грабово-дубовими лісостанами (Онищенко, 2006). Наголошено на багатому в них видовому різноманітті трав'яного вкриття, в якому поєднуються бореальні та неморальні види за участю малопоширених і реліктових рослинних видів.

Таблиця 3. Показники екологічних факторів у лісостанах за участю дуба звичайного в Ківерцівському НПП «Цуманська пуща»

Table 3. Indicators of environmental factors in forest stands with participation of pedunculate oak in the Kivertsi National Nature Park "Tsumanska Pushcha"

№ППП	Загальне проективне вкриття, %	Екологічні фактори									
		Tm	Kn	Om	Cr	Hd	Tr	Rc	Ht	fH	Lc
1	18	8,7	7,8	8,3	8,5	12,8	6,0	6,0	6,5	5,0	4,7
2	27	8,4	7,8	8,4	8,0	12,8	6,0	7,4	6,0	4,3	6,0
3	44	7,9	8,1	8,9	7,7	10,5	5,0	6,1	5,0	4,2	5,4
4	65	8,7	7,9	8,1	8,4	12,7	6,1	7,4	6,1	4,6	5,4
5	59	8,3	7,8	8,4	8,1	13,0	6,1	6,3	6,3	4,8	5,5
6	69	8,0	8,0	8,1	7,7	12,7	5,7	7,7	7,0	5,4	5,0
7	48	8,0	8,4	8,9	7,4	13,7	5,0	5,6	5,1	4,3	5,6
8	48	8,1	7,9	8,6	8,1	13,1	6,0	7,0	5,6	4,3	5,2
9	49	8,3	8,5	7,9	7,9	12,8	6,0	7,6	6,4	5,0	5,4
10	39	8,2	8,0	8,2	8,0	12,6	6,1	7,7	6,3	5,2	5,4
11	30	8,6	7,6	8,4	8,6	12,7	6,3	7,7	6,4	5,0	5,5
12	22	8,0	8,0	8,7	7,7	13,0	5,4	7,6	6,6	5,0	5,0
13	62	8,4	8,1	8,3	8,1	12,9	5,9	6,9	6,3	4,5	5,1
14	64	7,9	7,8	8,5	7,8	13,2	5,6	6,2	5,6	4,2	5,3

Примітка. Tm – термічний режим, Kn – континентальність клімату, Om – гумідність клімату, Cr – морозність, Hd – вологість ґрунту, Tr – сольовий режим, Rc – кислотність, Nt – вміст мінерального азоту, fH – змінність зволоження, Lc – освітленість у ценозі

В історичному ракурсі дослідження екологічних властивостей трав'яних видів провела О.І. Бутейко (1972). В її працях проаналізовано динаміку видової і кількісної структури трав'яного вкриття в свіжій грабовій судіброві у зв'язку зі зміною світлового режиму в процесі проведення різних способів поступових рубок.

Екологічна зумовленість росту і формування трав'яних видів грабово-дубових формацій детально висвітлена І.М. Коваленком (2015). В основних лісових фітоценозах Цуманського регіону ним виділено і проаналізовано 32 характерні види рослин за шістьма чинниками: освітленість, температура, континентальність, вологість, кислотність ґрунту, родючість ґрунтових умов та оцінено відповідність екологічних факторів доквілля екологічному оптимуму видового складу рослинного угруповання.

Майже всі рослини на об'єктах досліджень за вимогливістю до родючості ґрунту належать до мегатрофів і характерні для грудувих і сугрудувих типів лісорослинних умов. Лише декілька видів, зокрема *Trientalis europaea*, *Veratrum lobelianum*, *Pteridium aquilinum*, *Majanthemum bifolium* відносяться до групи мезотрофів та можуть рости також і в умовах суборів. Наявність у видовому спектрі рослин, які є типовими мегатрофами (*Daphne mezereum*, *Dentaria bulbifera*, *Lamium galeobdolon*, *Mercurialis perennis*, *Sanicula europae*, *Stachys sylvatica*, *Circaea lutetiana*) підтверджує приналежність обстежених насаджень за участю дуба звичайного до грудувих типів.

Видовий склад трав'яного вкриття на дослідних ділянках свідчить про значну амплітуду змінності зволоження ґрунту (fH), яка коливається в межах 4,2-5,2. Спостережено тенденцію переходу від відносно стійкого до слабо змінного зволоження. В обстежених деревостанах панівною є група мегатрофів-мезофітів – рослин помірного зволоження, характерних для свіжих і вологих типів лісорослинних умов. На постійних пробних площах у трав'яному вкритті трапляються також мезогідрофітні види – *Oxalis acetosella*, *Athyrium filix-femina*, *Dryopteris filix-mas*.

Трофність ґрунту, яка характеризується запасом доступних для рослин форм поживних речовин, залежить від їхнього хімічного складу та фізичних властивостей ґрунтів. Найважливішим показником трофності є вміст солей і мінерального азоту в ґрунті, а також кислотність ґрунту. Показники кислотності ґрунту (Rc) значною мірою корелюють із загальним сольовим режимом, оскільки пов'язані з хімічним складом ґрунту і гідролітичним режимом. У дубових лісостанах ці показники зростають з віком, а загальний сольовий режим ґрунтів має значну амплітуду і змінюється від бідних підзолистих до багатих ґрунтів (Tr = 5,0-6,1). Найвищі показники кислотного режиму (Rc) досягають 7,7 та вмісту мінерального азоту (Nt) – 7,0.

Висновки (Conclusions).

1. Досліджені види трав'яних рослин можуть функціонувати за досить широкої екологічної амплітуди. Значна участь у складі трав'яного ярусу *Asarum europaeum*, *Galium odoratum*, *Lamium*

galeobdolon вказує на зростання з віком у ґрунтах дубових лісостанів показників загального сольового режиму. Панівні види у спектрі трав'яних рослин є досить вибагливими до азоту та поширюються на збагачених і багатих азотними сполуками ґрунтах з підвищеною кислотністю.

2. Лісорослинні умови лісостанів Ківерцівського НПП відповідають режиму вологолісолучного типу зволоження. У лісових екосистемах на склад нижніх ярусів лісостанів значний вплив має видовий склад деревостану, його зімкнутість та пов'язані з ними зміни освітленості. У зв'язку з тим, що деревостани дуба звичайного формують густий намет, панівне становище у трав'яному вкритті посідають рослини тінистих лісів, і лише поодинокі трапляються рослини світлих лісів та рослини напіввідкритих територій.

3. Видовий склад живого надґрунтового вкриття визначається ґрунтово-гідрологічними умовами, складом і структурою деревостану. Трав'яний ярус формується разом із деревостаном та відображає напруженість різноманітних екологічних чинників. Наявність значної кількості рідкісних рослин під наметом досліджуваних лісостанів за участю дуба звичайного свідчить про їхню унікальність і необхідність запровадження у них природоохоронних заходів.

Список літератури (References)

- Andrienko, T. L. (2006). *Phytodiversity of Ukrainian Polissya and its protection*. Fitosotsiotsentr. [Андрієнко Т. Л. (2006). *Фіторізноманіття Українського Полісся та його охорона*. Київ: Фітосоціоцентр, 316 с.] (in Ukrainian)
- Buteyko, O. I. (1972). Dynamics of the herbaceous cover at a permanent research site. In *Forestry research in Roztochya: Collection of scientific and technical papers* (pp. 48–58). Kameniari. [Бутейко, О. І. (1972). Динаміка трав'яного вкриття на стаціонарі. *Лісівницькі дослідження на Розточчі: збірник наук.-техн. праць*. Львів: Камеяр, 48–58.] (in Ukrainian)
- Didukh, Ya. P. (2012). *Fundamentals of bioindication*. Naukova dumka. <https://catalog.lounb.org.ua/bib/396481> [Дідух, Я. П. (2012). *Основи біоіндикації*. Київ: Наукова думка, 344 с.] (in Ukrainian)
- Didukh, Ya. P., & Plyuta, P. G. (1994). *Phytoindication of ecological factors*. Naukova dumka. [Дідух, Я. П., Плюта, П. Г. (1994). *Фітоіндикація екологічних факторів*. Київ: Наукова думка, 280 с.] (in Ukrainian)
- Ellenberg, H., Weber, H. E., Düll, R., Wirth, V., & Werner, W. (2001). Indicator values of plants in Central Europe. *Scripta Geobotanica*, 18, 1–262. <https://www.scrip.org/reference/referencespapers?referenceid=1598103> [Ellenberg, H., Weber, H. E., Düll, R., Wirth, V., & Werner, W. (2001). *Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa*. *Scripta Geobotanica*, 18, 1–262.] (in German)
- Gazol, A., & Ibáñez, R. (2010). Plant species composition in a temperate forest: Multi-scale patterns and determinants. *Forest Ecology and Management*, 36(6), 634–644. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2010.09.009>
- Gensiruk, S. A. (2002). *Forests of Ukraine*. Ukrainian State Forestry University. [Генсірук, С. А. (2002). *Ліси України*. Львів: УкрДЛТУ, 408 с.] (in Ukrainian)
- Gensiruk, S. A., Nyzhnyk, M. S., & Kopiy, L. I. (1998). *Forests of the Western area of Ukraine*. Atlas. <https://research.wur.nl/en/publications/forests-of-the-western-area-of-the-ukraine> [Генсірук, С. А., Нижник, М. С., Копій, Л. І. (1998). *Ліси Західного регіону України*. Львів: Атлас, 408 с.] (in Ukrainian)
- Gilliam, F. S. (2007). The ecological significance of the herbaceous layer in forest ecosystems. *BioScience*, 57, 845–858. doi.org/10.1641/B571007
- Hawkworth, D. L., & Bull, A. T. (2007). *Plant conservation and biodiversity*. Springer. [Hawkworth, D. L., & Bull, A. T. (2007). *Plant conservation and biodiversity*. Dordrecht: Springer Verlag.]
- Herasymchuk, H. V. (2021). Typological structure of forests in Kivertsivskyi National Nature Park “Tsumanska Pushcha.” In *Proceedings of the 71st Scientific and Technical Conference of Faculty, Researchers, Doctoral and Postgraduate Students on the Results of Scientific Activity in 2020–2021* (pp. 12–84). Editorial and Publishing Department of the Ukrainian National Forestry University. <https://drive.google.com/file/d/1yXVxKcyiRezVUVe6ihmAHnZ2UjGpl6LG/view> [Герасимчук, Г. В. (2021). Типологічна структура лісів Ківерцівського Національного природного парку «Цуманська пуша». *Матеріали 71-ої науково-технічної конференції професорсько-викладацького складу, наукових працівників, докторантів та аспірантів за підсумками наукової діяльності у 2020–2021 роках* (с. 12–84). Львів: РВВ НЛТУ України.] (in Ukrainian)
- Kovalenko, I. M. (2016). *Ecological and biological properties of the grass-shrub cover of forest ecosystems of the North-East of Ukraine* (Doctoral dissertation abstract). Oles Honchar Dnipropetrovsk National University. [Коваленко, І. М. (2016). *Еколого-біологічні властивості трав'яно-чагарничкового покриву лісових екосистем Північного Сходу України: автореф. дис. ... д-ра біол. наук: 03.00.16*. Дніпро: Дніпропетровський національний ун-т ім. Олеся Гончара.] (in Ukrainian)
- Kovalenko, I. M. (2015). *Ecology of the lower tiers of forest ecosystems*. University Book. [Коваленко, І. М. (2015). *Екологія нижніх ярусів*

- лісових екосистем: монографія. Суми: Університетська книга, 360 с.] (in Ukrainian)
- Krasnov, V. P., Orlov, O. O., & Vedmid, M. M. (2009). *Atlas of indicator plants and types of site conditions in Ukrainian Polissya*. Novograd. [Краснов, В. П., Орлов, О. О., Ведмідь, М. М. (2009). *Атлас рослин-індикаторів і типів лісорослинних умов Українського Полісся*. Новоград-Волинський: Новоград, 488 с.] (in Ukrainian)
- Krynytskyi, G. T., Krynytska, O. G., & Mazepa, V. H. (2010). Reproduction of native stands in hornbeam-pine glades by natural means. *Scientific Bulletin of the National University of Bioresources and Environmental Management of Ukraine*, 152(2), 36–43. [Криницький, Г. Т., Криницька, О. Г., Мазепа, В. Г. (2010). Відтворення корінних деревостанів у грабово-соснових судібровах природним шляхом. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*, 152(2), 36–43.] (in Ukrainian)
- Lovejoy, T. E. (2008). Climate change and biodiversity. *The Energy and Resources Institute (TERI)*, 27(2), 331–338. pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18819663/
- Malinovsky, A. K., Kyuyak, V. H., & Bilonoga, V. M. (2004). Ecological niche in natural and anthropogenically modified phytocenoses. *Scientific Proceedings of the State Natural History Museum*, 19, 83–96. https://nzdpm.smnh.org/tom/19/malynovsky_etc_t_19.pdf [Малиновський, А. К., Кияк, В. Г., Білонога, В. М. (2004). Екологічна ніша в природних та антропогенно змінених фітоценозах. *Наукові записки Державного природознавчого музею*, 19, 83–96.] (in Ukrainian)
- Mazepa, V. H., & Krynytska, O. H. (2013). Tendency of environmental factors changes in of forest stands Lviv Roztochia restored by natural way. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 11, 83–87. <http://fasu.nltu.edu.ua/index.php/nplanu/article/view/330> [Мазепа, В. Г., Криницька, О. Г. (2015). Тенденції зміни екологічних факторів у відтворених природним шляхом лісостанах Львівського Розточчя. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 11, 83–87.] (in Ukrainian)
- Movchan, Ya. I., & Shelyag-Sosonko, Yu. R. (Eds.). (2003). *Conservation of biodiversity of Ukraine (Second national report)*. Khimdzhest. [Збереження біорізноманіття України (друга Національна доповідь) (2003). Під заг. ред. Я. І. Мовчана, Ю. Р. Шеляг-Сосонка. Київ: Хімджест, 111 с.] (in Ukrainian)
- Onishchenko, V. A. (2006). Floristic classification of vegetation of the Ukrainian Polissia. In *Phytodiversity of the Ukrainian Polissia and its conservation* (pp. 43–84). Phytosociocenter. https://www.botany.kiev.ua/doc/FitodiversityUA_Polissia_2006.pdf [Онищенко, В. А. (2006). Флористична класифікація рослинності Українського Полісся. В кн.: *Фіторізноманіття Українського Полісся та його охорона* (с. 43–84). Київ: Фітосоціоцентр.] (in Ukrainian)
- Ostapenko, B., & Tkach, V. (2002). *Forest typology*. Maidan. [Остапенко, Б. Ф., Ткач, В. П. *Лісова типологія*. Харків: Вид-во "Майдан", 204 с.] (in Ukrainian)
- Vorobyov, D. V. (1967). *Methodology of forest typological studies*. Urozhai. [Вороб'єв, Д. В. (1967). *Методика лесотипологических исследований*. Киев: Урожай, 386 с.] (in Russian)
- Whigham, D. F. (2004). Ecology of woodland herbs in temperate deciduous forests. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 35(1), 583–621. doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.35.021103.105708

Herbaceous cover and environmental factor regimes in hornbeam–oak stands of the Kivertsi National Nature Park “Tsumanska Pushcha”

H. Herasymchuk¹, H. Krynytskyy², N. Lutsiv³, O. Mykhayliv⁴

The species composition, projective cover, frequency of occurrence, and abundance of the herbaceous layer were characterized in uneven-aged

hornbeam–oak forest stands of the Kivertsi National Nature Park “Tsumanska Pushcha”. The identified herbaceous plant species were analyzed in relation

¹ Halyna Herasymchuk – Junior Research Fellow, Department of Forestry. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka St., Lviv, 79057, Ukraine. E-mail: galinanpp22@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7036-9653>

² Hryhoriy Krynytskyy – Full Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, President of FAS of Ukraine, doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Forestry at Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka St., Lviv, 79057, Ukraine. E-mail: krynytsk@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7020-9991>

³ Lutsiv Nataliia – Corresponding Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, PhD in Economics, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Economics, Tourism and Recreation. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka St., Lviv, 79057, Ukraine. E-mail: natalusiv@gmail.com ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5588-7778>

⁴ 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>

to key ecological factors, including soil moisture and soil nutrient status, salinity regime, soil acidity, and shading conditions. Specific patterns in the variation of ecological factors depending on the composition and age of the forest stand were revealed.

The study was conducted in fourteen permanent sample plots representing different proportions of tree species, including pedunculate oak (*Quercus robur* L.), Scots pine (*Pinus sylvestris* L.), common hornbeam (*Carpinus betulus* L.), black alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.), silver birch (*Betula pendula* Roth), and aspen (*Populus tremula* L.). Forest stands with the participation of pedunculate oak within the Kiverts National Nature Park are distributed in fresh and moist hornbeam–oak–pine mixed forests of fairly fertile site type and in moist hornbeam–oak forests of fairly fertile site type.

Forest tracts of these forest types exhibit a high species diversity of forest herbaceous plants along with a wide variability of their life forms and ecological characteristics. In total, 52 species of vascular plants–sylvants of the summer aspect were recorded in the sample plots. Their species spectrum is represented by shade-tolerant and shade-loving species, whereas plants typical of light forests and semi-open habitats occur only sporadically.

The projective cover of the herbaceous layer in the studied forest types ranges from 44 to 49%. These sites are characterized by the lowest herb species richness, with the highest abundance in the ground vegetation represented by *Vaccinium myrtillus* L., *Carex sylvatica* Huds., and *Milium effusum* L. The spatial structure of forest stands in these sample plots is heterogeneous. Following the mortality of individual trees, canopy gaps have formed, which are intensively colonized by herbaceous vegetation, particularly *Carex sylvatica* and *Milium effusum*. Forest stands dominated by oak or containing a substantial proportion of this species are characterized by significantly higher herb species richness and greater projective cover of herbaceous vegetation beneath the canopy. In stands with the predominance of pedunculate oak, the projective cover of the herb layer reaches 50–70%. The herbaceous layer of the surveyed stands also includes several rare and locally distributed

plant species, such as *Lilium martagon* L., *Epipactis helleborine* (L.) Crantz, *Neottia nidus-avis* (L.) Rich., *Platanthera chlorantha* (Cust.) Reichenb., *Hedera helix* L., *Actaea spicata* L., *Equisetum hyemale* L., *Daphne mezereum* L., *Isopyrum thalictroides* L., *Dentaria bulbifera* L., *Vinca minor* L., and *Mercurialis perennis* L., which are associated with oak-dominated phytocenoses.

In forest ecosystems, compared with open areas, the regime of solar radiation, light intensity, and the spectral composition of light undergo substantial changes. The reduction in illumination beneath the forest canopy depends on canopy closure. As a result, the highest mean illumination index in the studied cenoses (Lc) reaches 6.0. The climatic continentality index (Kn) also attains its maximum value in oak forest stands (Kn = 8.5), corresponding to a moderately continental climate regime. The highest climatic humidity index (Om) in uneven-aged oak stands equals 8.9, which corresponds to a subhumid ombroregime and indicates increased evapotranspiration within these stands.

Forest stands formed under conditions of fresh and moist hornbeam–oak–pine mixed forests of fairly fertile site type and moist hornbeam–oak forests of fairly fertile site type are characterized by an intermediate thermal regime (between subboreal and nemoral), with Tm values ranging from 7.9 to 8.7. This range of mean scores for the Tm factor corresponds to a radiation balance of 35–43 kcal·cm⁻²·yr⁻¹ and 39–44 kcal·cm⁻²·yr⁻¹, respectively.

The forest-growth conditions in the studied oak stands correspond to a moist forest–meadow type of soil moisture regime. Regarding soil nutrient requirements, most herbaceous species in the surveyed stands are megatrophic and typical of trophotopes C and D. Overall, the presence of numerous valuable and rare plant species within stands containing pedunculate oak in the Kiverts National Nature Park indicates the uniqueness of these forest communities and underscores the need for the implementation of conservation measures.

Key words: phytosociological indicators; functioning; biodiversity; environment; patterns of formation; forest stand; permanent sample plot; species composition; forest ecosystem.



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

<http://fasu.nltu.edu.ua>
<https://doi.org/10.36930/412519>
Article received 2025.01.10
Article revised 2025.10.24
Article accepted 2025.12.18
Article published 2026.03.11.

ISSN 1991-606X print
ISSN 2616-5015 online
@ ✉ Correspondence author
Nataliia Puzrina
npuzrina@nubip.edu.ua
15 Heroiv Oborony St.,
Kyiv, 03041, Ukraine

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 (CC BY 4.0) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)



УДК 595.7:638(477.4)

**Рідкісні види комах-дендробіонтів в об'єктах Смарагдової мережі
(UA0000254 Cherkaskyi Bir)**

Н.В. Пузріна¹, О.П. Бала², Ю.В. Бабич³

*Лісостани Черкаського надлісництва філії «Центральний лісовий офіс» ДП «Ліси України» в об'єктах Смарагдової мережі UA0000254 Cherkaskyi Bir є важливим резерватом, який включає види та оселища комах, що підлягають охороні. З метою встановлення місць оселення комах-дендробіонтів, популяцій унікальних природних комплексів, рідкісних видів і таких, що перебувають під загрозою зникнення, здійснено детальні обстеження територій, під час яких ідентифіковано рідкісні види, внесені до Червоної книги України та в резолюцію Бернської конвенції. На обстеженій території поширені рідкісні види комах, а також оселища, внесені до списку, що підлягають охороні в UA0000254 Cherkaskyi Bir Смарагдової мережі. Проте це в основному ті види, які з лісовим середовищем пов'язані опосередковано – водні, болотяні, лучні, а також поширені поза межами ділянок. Найменш ослаблені дерева заселяють агресивні види ксилофагів, зокрема, дубовий заболонник (*Scolytus intricatus* Ratz.). У міру ослаблення дерев їх заселяють менш агресивні види – дубова златка (*Chrysobothris affinis* Fabr.), тоді як незворотно ослаблені та всихаючі де-*

¹ Пузріна Наталія Василівна – член-кореспондент Лісівничої академії наук України, кандидат сільськогосподарських наук, завідувач кафедри лісівництва. Національний університет біоресурсів і природокористування України, вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, 03041, Україна. E-mail: npuzrina@nubip.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1645-7489>

² Бала Олександр Петрович – член-кореспондент Лісівничої академії наук України, кандидат сільськогосподарських наук, директор НДІ лісівництва та декоративного садівництва. Національний університет біоресурсів і природокористування України, вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, 03041, Україна. E-mail: bala@nubip.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6538-8876>

³ Бабич Юлія Володимирівна – аспірантка. Національний університет біоресурсів і природокористування України, вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, 03041, Україна. E-mail: julia.nosenko28@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-8993-7841>

рева заселяють вусач дубовий великий (*Cerambyx cerdo* L.) та жук-олень (*Lucanus cervus* L.). Виявлені популяції комах-ксилофагів характеризуються низьким і середнім ступенями заселення, вони виявлені лише на дуже ослаблених деревах, а червонокнижні види трапляються поодинокі.

Результати дослідження слугують інформаційною основою для формування регіональних програм збереження біорізноманіття та впровадження механізмів сталого використання лісових ресурсів.

Ключові слова: *Cerambyx cerdo*; *Lucanus cervus*; *Scolytus intricatus*; *Chrysobothris affinis*; охоронні категорії; Бернська конвенція; Червона книга України, моніторинг.

Вступ (Introduction).

Смарагдова мережа забезпечує збереження цінних територій, які мають природоохоронне значення. Проте оновлення інформації щодо таких об'єктів потребує регулярних моніторингових досліджень зі збором актуальних даних щодо розповсюдження видів та їхніх оселищ на території мережі (Полянська та ін., 2017; Куземко та ін., 2019). За існуючими даними (Updated list..., 2024) на території України налічується 377 об'єктів, які офіційно мають статус територій Смарагдової мережі згідно з вимогами Бернської конвенції (Council of Europe, 1998). Основна мета утворення таких об'єктів – збереження біорізноманіття популяцій видів, що перебувають під загрозою зникнення, та їхніх природних оселищ (Годлевська та ін., 2010; Андрієнко, Перегрим, 2012). Смарагдова мережа, яка створена відповідно до міжнародних зобов'язань України, є інструментом збереження біорізноманіття на національному рівні. Регулярні наукові дослідження, зокрема ентомологічні, є невід'ємною частиною управління мережею. Особливу увагу приділяють вивченню дендробіонтних комах, оскільки вони є індикаторами стану лісових екосистем та змін довкілля. Отримані дані щодо поширення і видовий склад дендробіонтів дають змогу розробляти ефективні стратегії збереження біорізноманіття та відновлення лісових екосистем.

Регулярний моніторинг, зокрема дослідження комах-дендробіонтів, дозволяє виявляти ранні ознаки змін у розподілі видів та структурі екосистем. Ці дані є основою для розробки адаптаційних стратегій, спрямованих на збереження біорізноманіття та забезпечення стійкості екосистем до кліматичних змін.

Крім заселення живих дерев, у лісових екосистемах численні види комах використовують мертву деревину як середовище існування. Ці комах виконують важливу екосистемну функцію, сприяючи деструкції деревини та утворенню субстрату для розвитку інших організмів. Серед цих комах переважають «санітари», які поступово руйнують відмерлі гілки, відшаровану кору, пні, частини стовбурів буреломних і вітровальних дерев, лісосічні залишки (Meshkova, & Borysenko, 2018).

Збереження мертвих дерев є необхідною умовою підтримання біорізноманіття лісових екосистем, зокрема за рахунок комах, грибів та інших організмів, які пов'язані з відмерлими деревами (Basile et al., 2020). Відмерлі стовбури, гілки та пні створюють унікальні мікросередовища, які заселяють численні види комах, грибів та інших організмів. Ці організми виконують важливу екологічну функцію, сприяючи розкладанню деревини та утворенню гумусу. Зокрема дереворуйнівні гриби відіграють ключову роль у процесах мінералізації органічної речовини. Варто зазначити, що мертва деревина є не лише середовищем існування для деструкторів, але й слугує притулком для багатьох видів тварин, зокрема комах, птахів та ссавців. Збереження мертвої деревини в лісі є одним із найефективніших способів підтримання біорізноманіття та забезпечення стійкості лісових екосистем. Склад і структура популяції ентомофагів та дереворуйнівних грибів на локальному рівні, з одного боку, залежать від обсягів та інтенсивності нагромадження мортмаси (Vasylyshyn et al., 2023), а з іншого значно впливають на біопродукційний процес у лісових фітоценозах (Василишин, 2014) та формування обсягів лісових горючих матеріалів (Soshenskyi et al., 2021) як складової системи протипожежного управління лісовими екосистемами.

Комахи-дендробіонти відіграють ключову роль у процесах деструкції деревини та утворенні гумусу. Ксилофаги, прокладаючи ходи в деревині, створюють умови для проникнення грибів, бактерій та інших мікроорганізмів, прискорюючи розкладання деревини. Завдяки високій видовій та екологічній різноманітності, вони відіграють важливу роль у процесах деструкції деревини на всіх етапах її розкладання (Meshkova et al., 2017; Пузріна та ін., 2021). Ксиломіцетофаги, живлячись грибами, що розвиваються на деревині, сприяють поширенню спор грибів та колонізації нових ділянок (Куземко та ін., 2019). Таким чином, дендробіонтні комах є важливими ланками кругообігу речовин у лісових екосистемах.

Видова різноманітність комах-дендробіонтів є доволі високою і залежить від багатьох чинників – кліматичних умов, складу лісових насаджень, наявності мертвої деревини, антропогенного впливу тощо. Кожен вид комах-дендробіонтів займає

певну екологічну нішу, виконуючи специфічні функції у лісовій екосистемі. Зокрема вусачі є одними із найбільших і найпомітніших представників цієї групи, які відіграють важливу роль у формуванні структури лісу, створюючи порожнини в деревах, які слугують притулком для інших тварин. Отже, *актуальність дослідження* полягає в отриманні сучасної важливої інформації щодо стану біорізноманіття комах-дендробіонтів в об'єктах Смарагдової мережі України, що є необхідною умовою для ефективного збереження лісових екосистем в умовах змін довкілля та виконання міжнародних природоохоронних зобов'язань.

Метою досліджень передбачено встановлення видового складу комах-дендробіонтів, що підлягають охороні в об'єктах Смарагдової мережі (Cherkaskyi Bir UA0000254) на території Черкаського надлісництва.

Об'єкти і методика дослідження (Objects and methods).

Об'єкт дослідження – розвиток популяцій комах-дендробіонтів у лісостанах Черкаського надлісництва філії «Центральний лісовий офіс» ДСГП «Ліси України» в об'єктах Смарагдової мережі UA0000254 Cherkaskyi Bir.

Предмет дослідження – видовий склад комах-дендробіонтів, що підлягають охороні в об'єктах Смарагдової мережі UA0000254 Cherkaskyi Bir.

Виявлення оселищ комах, що потребують охорони у межах об'єкта Смарагдової мережі Cherkaskyi Bir UA0000254, та обліки комах-дендробіонтів здійснювали не лише за аналізом документів (Council of Europe, 1998; Червона книга України), які характеризують смарагдові об'єкти (табл. 1, рис. 1), але й шляхом аналізу наукових публікацій, що стосувались цієї проблеми, шляхом зіставлення отриманих даних з лісотаксаційними матеріалами, з наступним натурним рекогносцирувальним обстеженням територій природно-заповідного фонду України.

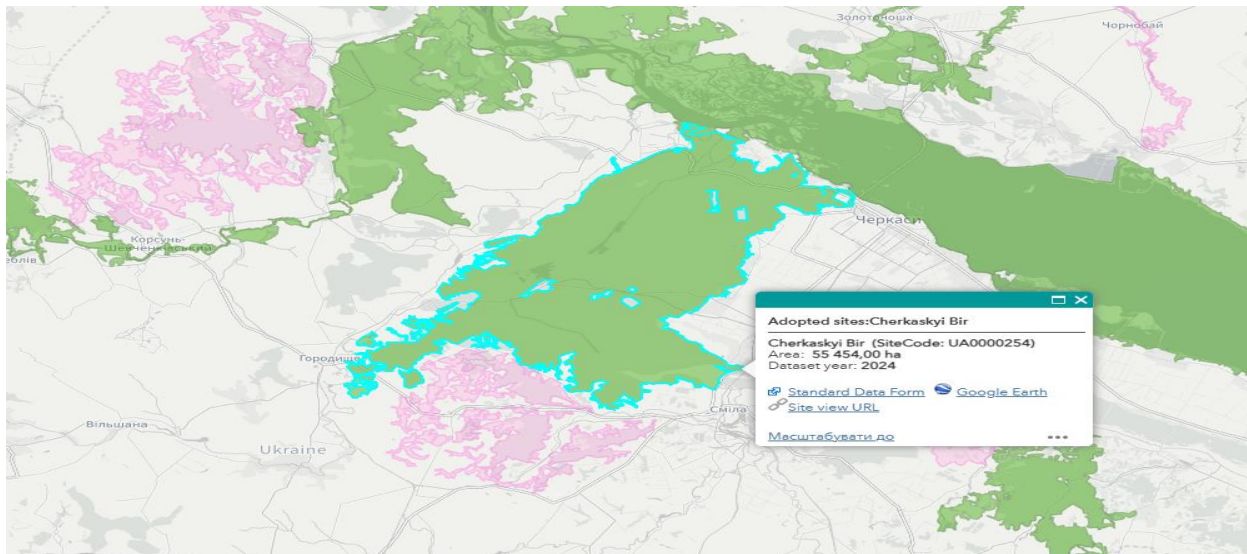


Рис. 1. Картосхема розташування основного масиву урочища «Черкаський бір» Черкаського надлісництва філії «Центральний лісовий офіс» ДСГП «Ліси України»
(<https://emerald.eea.europa.eu>)

Fig. 1. Map diagram showing the location of the main tract of the 'Cherkaskyi Bir' reserve in the Cherkasy Forest District of the 'Central Forest Office' branch of the State Specialized Forest Enterprise "Forests of Ukraine"
(<https://emerald.eea.europa.eu>)

Вказані природоохоронні об'єкти спеціально створені для збереження рідкісних і зникаючих видів рослин і тварин, які мають міжнародний охоронний статус згідно з Резолюцією № 6

Бернської конвенції про охорону дикої флори та фауни, а також для збереження природних оселищ, які перелічені в Резолюції № 4 Бернської конвенції.

Таблиця 1. Характеристика об'єкта Смарагдової мережі Cherkaskyi Bir UA0000254
Table 1. Characteristics of the Emerald Network site Cherkaskyi Bir UA0000254

Код об'єкта мережі	Назва об'єкта мережі	Площа, га	Кількість об'єктів охорони (види, оселища), од.			
			оселища	птахи	ссавці	всі таксони
UA0000254	Cherkaskyi Bir	55 454	12	47	4	63

Моніторинг комах-дендробіонтів у межах діяльності підприємства здійснювали під час обстеження територій, на яких відбувається всихання дерев унаслідок життєдіяльності комах-ксилофагів. Основний період ідентифікації місцезростань рідкісних рослин, котрий збігається із періодом активної життєдіяльності рідкісних видів безхребетних тварин – період активної вегетації.

За геоботанічним районуванням обстежена територія розташована у правобережній частині Лісостепу, у Східноєвропейській лісостеповій провінції дубових лісів, остепнених лук та лучних степів, Центральному Правобережно-придніпровському округу грабово-дубових, дубових лісів та лучних степів. За ботаніко-географічним районуванням територія належить до регіону Дністер-Придніпров'я Субпонтійської провінції, та знаходиться у межах

урочища «Черкаський бір», який входить до складу однойменного об'єкту Смарагдової мережі Cherkaskyi Bir UA0000254 (<https://emerald.eea.europa.eu>). Цінні об'єкти біотопічного різноманіття (оселища об'єктів Смарагдової мережі) ідентифікували шляхом камерального аналізу лісотаксаційних матеріалів із наступним рекогносцирувальним польовим обстеженням та із виконанням повторних уточнюючих обстежень впродовж вегетаційного періоду. Детальне обстеження здійснено у насадженні зі складом 8Сз2Дз+Бп, віком 85 років, повнотою 0,7 та бонітетом I, де відзначено розладнання дерево-стану та інтенсивне його всихання (рис. 2). Древа на ділянці всихаючі або всохлі, мають ажурну крону, на стовбурах наявні чіткі ознаки заселення комахами-ксилофагами.



Рис. 2. Фрагмент осередку всихання (станом на жовтень 2024 року)
Fig.2. Fragment of a dieback site (as of October 2024)

Під час рекогносцирувального обстеження здійснювали загальний огляд ділянок за ходовими лініями. Детальні обстеження ділянок супроводжувалися встановленням видового складу комах-ксилофагів дуба звичайного і середньої кількості поселень різних видів на один квадратний дециметр

поверхні стовбура. Всього обстежено 130 екземплярів дуба звичайного з використанням апробованих методичних підходів (Мешкова та ін., 2020; Пузріна та ін., 2021).

Встановлення середньої кількості основних родин комах-ксилофагів на один квадратний деци-

метр поверхні стовбура проводили на сухих і всихаючих деревах дуба звичайного, кількість відібраних модельних дерев становила 30 штук. Під час дослідження видового складу комах у межах фіксованих районів поселення кожного визначеного

виду закладали облікові палетки площею 1 дм², на яких підраховували чисельність молодого покоління, і визначали відповідно до показників, наведених в табл. 2 (Мешкова та ін., 2020; Пузріна та ін., 2021).

Таблиця 2. Критерії оцінки чисельності молодого покоління комах-ксилофагів дуба звичайного
Table 2. Criteria for assessing the abundance of the juvenile generation of oak xylophagous insects

Вид	Чисельність молодого покоління, шт.·дм ⁻²		
	низька	середня	висока
Дубова бронзова златка <i>Chrysobothris affinis</i>	0,2 і менше	0,3-0,4	0,5 і більше
Дубовий заболонник <i>Scolytus intricatus</i>	20,0 і менше	20,1-30,0	30,1 і більше

Використані методичні підходи дозволили отримати інформацію щодо дендробіонтів регіону та видів, що мають охоронний статус у межах об'єкта Смарагдової мережі Cherkaskyi Bir UA0000254.

Результати (Results).

Досліджувана територія знаходиться поблизу південної частини Канівських дислокацій та межує з болотним масивом Ірдинь на півночі, яке відокремлює основний масив Черкаського бору від Мошногірського кряжу. Рельєф урочища «Черкаський бір» характеризується як рівнинний, з перепадами висот від 90 до 140 метрів над рівнем моря. У ґрунтовому покриві під сосновими лісами переважають дерново-слабо- і середньо-підзолисті піщані та глинисто-піщані ґрунти, тоді

як під дубовими, частково мішаними лісами – сірі та темно-сірі опідзолені ґрунти. Територія урочища «Черкаський бір» є найбільшим в Україні сосновим масивом природного походження, який зберігся на південній межі природного ареалу сосни звичайної. Для правобережної частини Лісо-степу для природних соснових лісів характерний мішаний склад деревостанів (57,2%). Штучні насадження посідають 40,8% території і для них характерний чистий склад деревостанів. У лівобережній частині мішані лісостани мішані природні і штучні деревостани з перевагою у складі сосни звичайної становлять, відповідно 39,9 та 23,3% (Terentiev et al., 2023). У межах досліджуваної території широко розповсюджені біотопи соснових лісів за участю дуба звичайного.



Рис. 3. Загальний вигляд осередків з активним усиханням сосни звичайної та дуба звичайного
Fig. 3. General overview of forest communities with active dieback of Scots pine (*Pinus sylvestris*) and pedunculate oak (*Quercus robur*)

Відзначимо, що серед різноманіття видів комах-дендробіонтів, притаманних сосновим насадженням із участю дуба, лише деякі з цих видів вважаються потенційними шкідниками (Salle, Nageleisen, & Lieutier, 2014). Серед представників

підродини *Scolytinae* (Coleoptera: Curculionidae) дубовий заболонник (*Scolytus intricatus*) часто спричиняє всихання дуба звичайного і є найпоширенішою комахою-камбіофагом. *Scolytus intricatus* є типовим для Центральної Європи, заселяє ослаблені,

відмираючі і нещодавно зрубані дерева і вважається основним переносником збудників трахеомікозного всихання дуба. Відтак, деградація насаджень за участю дуба звичайного є багатофакторним процесом, в якому комахи можуть діяти як основні першопричини значного ослаблення та всихання деревного виду з урахуванням специфіки взаємодії з деревами-живителями.

Видовий склад стовбурових комах у дубових лісах різних географічних регіонів доволі одноманітний. Найменш ослаблені дерева заселяють агресивні види ксилофагів, зокрема *Scolytus intricatus*. На наступному етапі у міру ослаблення

дерев їх заселяють менш агресивні види – дубова бронзова златка (*Chrysobothris affinis*), а вже незворотно ослаблені та всихаючі дерева заселяють вусач дубовий великий (*Cerambyx cerdo*) та жук-олень (*Lucanus cervus*).

Стовбурові шкідники завдають фізіологічної шкоди живим деревам, руйнують їхню провідну систему прокладанням ходів, пошкоджують окремі органи під час додаткового живлення та переносять збудників хвороб. Стовбурові шкідники заподіюють технічну шкоду деревам і заготовленій деревині, оскільки наявність широких і глибоких ходів ("червоточин") знижує її якість (рис. 4).



Рис. 4. Льотні отвори та ходи комах-ксилофагів на стовбурі дуба звичайного
Fig. 4. Exit holes and galleries created by xylophagous insects on the trunk of European oak

Проведеними моніторинговими дослідженнями місць оселення комах-дендробіонтів охоплено окремі ділянки території Черкаського надлісництва на наявність зникаючих видів комах, охорона яких має міжнародне значення і які перелічені в резолюції Бернської конвенції. Так, під час обстеження ділянок з домінуванням у складі сосни звичайної та дуба звичайного на незначній частині дерев

(не більше 5-10%), більшість яких характеризуються IV категорією санітарного стану, виявлено представників підродини короїдів *Scolytinae*, родин златок *Buprestidae* (табл. 3), вусачів *Cerambycidae* та рогаців *Lucanidae* (рис. 5). Наявність вусачів та рогаців вперше було відмічено під час обстежень 2024 р., що може свідчити про потенційну можливість зростання їхньої чисельності.

Таблиця 3. Ступені заселення дерев комахами-ксилофагами
Table 3. Degrees of tree infestation by xylophagous insects

Вид	Щільність заселення, шт. · дм ⁻²	Ступінь заселення / чисельність жуків молодого покоління
Дубова бронзова златка <i>Chrysobothris affinis</i>	0,2±0,1	низький
Дубовий заболонник <i>Scolytus intricatus</i>	21,4±0,5	середній

Отже, виявлені популяції комах-ксилофагів характеризуються низьким і середнім ступенем заселення, вони відмічені лише на дуже ослаблених деревах. *Scolytus intricatus* може впливати на структуру деревостану через заселення певної частини дерев дуба звичайного.



Рис. 5. Ознаки заселення дерев дуба звичайного *Cerambyx cerdo* (Coleoptera: Cerambycidae)
Fig.5. Characteristic signs of infestation of European oak trees (*Quercus robur*) by *Cerambyx cerdo* (Coleoptera: Cerambycidae)

Смарагдові об'єкти відзначаються специфічними біотопно-екотопними характеристиками і мають певні відмінності та особливості в поширенні як природного, так і антропогенно порушеного рослинного покриву, в різноманітності яких наявна значна кількість зникаючих та рідкісних видів флори і фауни. Об'єкти мають важливе природоохоронне значення і охоплюють усі типи біотопів (оселищ) цієї території. На території об'єктів Смарагдової мережі трапляються види рослин і тварин, які охороняються Бернською конвенцією. Так, на території Черкаської обл. поширені тварини 105 раритетних видів, з яких 49 видів комах (Звіт..., 2024). Найчисленнішу групу представляють ентомофауністичні комплекси, а саме – метелики, жуки, бабки, перетинчастокрилі. Перелік видів комах, що підлягають охороні в об'єктах Cherkaskyі Bir UA0000254 Смарагдової мережі наведено в табл. 4.

Відповідно, на досліджуваній території представлені далеко не всі види та оселища, що підлягають охороні. Деякі рідкісні види тварин, а також оселища з числа внесених у список, що підлягають охороні на об'єктах Смарагдової мережі, трапляються за межами ділянок, які підлягають проведенню моніторингових спостережень за

дендробіонтами. Це зокрема види й оселища, які опосередковано пов'язані із лісовим середовищем – водні, болотяні, лучні тощо.

На досліджуваній території (див. табл. 4) потенційно можуть бути наявні популяції чотирьох видів, зокрема, красотила пахучого (*Calosoma sycophanta*), жука-олень (*Lucanus cervus*), жука-самітника (*Osmoderma eremita*) та вусача дубового великого (*Cerambyx cerdo*). Видове різноманіття тваринного світу в лісах є характерним для лісових біотопів.

Варто відзначити, що на території підприємства переважають лісові біотопи, рослинний покрив яких представлений переважно сосновими і дубово-сосновими лісами. Рідше трапляються чисті дубові ліси, у пониженнях – ліси із вільхи чорної. Ці лісостани Черкаського надлісництва ослаблені негативною дією абіотичних (посуха, зниження рівня ґрунтових вод, високі температури повітря) та біотичних (стовбурові шкідники, хвороби лісу) чинників. Так, під час проведення обстеження у насадженні складу 8Сз2Дз + Бп виявлено ознаки заселення дерев 14 дерев дуба звичайного *Cerambyx cerdo* (наявність порошокні під деревами, численні личинкові ходи, типові великі отвори).

Таблиця 4. Перелік видів комах, що підлягають охороні в об'єктах Cherkaskyi Bir UA0000254
Table 4. List of insect species subject to protection in the Cherkaskyi Bir UA0000254

Назва виду	ЧКУ	БЕРН	ЄЧС	ЧСМСОП	Характерний біотоп
Красуня-діва <i>Calopteryx virgo</i> L.	+				заплави вздовж берегів водотоків
Дозорець-імператор <i>Anax imperator</i> Leach	+				луки, водойми
Дибка степова <i>Saga pedo</i> Pallas	+				поля, луки
Красотіл пахучий <i>Calosoma sycophanta</i> L.	+				старі ліси
Жук-олень <i>Lucanus cervus</i> L.	+				старі ліси
Жук-самітник <i>Osmoderma eremita</i> Scopoli	+	+			старі ліси
Вусач дубовий великий <i>Cerambyx cerdo</i> L.	+		+		старі ліси
Поліксена <i>Zerynthia polyxena</i> Schulze	+				узлісся, галявини заплавлених лісів
Мнемозина <i>Parnassius mnemosyne</i> L.	+				узлісся, галявини заплавлених лісів
Райдужниця велика <i>Apatura iris</i> L.	+				ліси, узлісся, галявини вздовж берегів водойм, узбіччя доріг, просіки
Сатурнія середня <i>Saturnia spini</i> Denis Schiff.	+				галявини, узлісся, рідколісся, чагарникові пустища
Совка розкішна <i>Staurophora celsia</i> L.	+				ліси, узлісся, галявини вздовж берегів водойм
Пістрянка весела <i>Zygaena laeta</i> Hubner	+				поля, луки
Ведмедиця Гера <i>Euplagia quadripunctaria</i> Poda					поля, луки
Арге Беккера <i>Arge beckeri</i> Tournier	+				узлісся, лісові галявини
Сколія-гігант <i>Megascolia maculata</i> Drury	+				поля, луки
Ктир гігантський <i>Satanas gigas</i> Eversmann					поля, луки
Дукачик (червінець непарний) <i>Lycaena dispar</i> Haworth.	+				поля, луки
Джміль моховий <i>Bombus muscorum</i> L.	+				поля, луки
Ксилокопа звичайна <i>Xylocopa valga</i> Gerst.	+				поля, луки
Подалірій <i>Iphiclides podalirius</i> L.	+				поля, луки
Ковалик сплюснений <i>Neopristilophus depressus</i> Coermar	+				узлісся, галявини широколистяних лісів
Сіролютка кільчаста <i>Symptesta paedisca</i> Brauer		+	+	+	заплави вздовж берегів водотоків

Примітки. БЕРН-Конвенція Бернська конвенція (1979) – це запов'язуючий договір Ради Європи, спрямований на захист дикої флори, фауни та природних середовищ існування по всій Європі; ЄЧС – Європейський Червоний список тварин і рослин, що знаходяться під загрозою зникнення у світовому масштабі; ЧСМСОП – Червоний список Міжнародного союзу охорони природи; ЧКУ – Червона книга України

Notes. БЕРН - The Bern Convention (1979) is a binding Council of Europe treaty aimed at protecting wild flora, fauna, and natural habitats across Europe; ЄЧС – European Red List of Threatened Species – The list of animal and plant species that are threatened with extinction on a global scale; ЧСМСОП – IUCN - The Red List of the International Union for Conservation of Nature; ЧКУ – Red Data Book of Ukraine.

Популяція *Cerambyx cerdo* відмічена в південній частині Білозірського лісництва Черкаського надлісництва, що також співпадає з південною частиною масиву урочища «Черкаський бір» Смарагдової мережі (рис.6). Жук поширений у природних дібровах, насадженнях дуба, рідше – у насадженнях деяких видів в'язових, у лісопарках. Зазвичай заселяє насадження за участю дуба, ослаблені чи зі значним рекреаційним навантаженням.

Cerambyx cerdo спочатку прогризає отвір в личинковий хід, пізніше – кору й виходить назовні. Надає перевагу товстим стовбурам дубів, особливо старим та дубовим пенькам. Личинки – типові дендрофаги, живуть від корою, вигризаючи довгі звивисті ходи під час інтенсивного живлення. Довжина личинкового ходу в стовбурі може сягнути 1 м. Перший рік личинки живляться у корі, на другий і третій – проникають у деревину (Torres-Vila et al., 2023). Перед заляльковуванням вгризається в деревину, прокладаючи короткий гачкоподібний хід, який завершується лялечковою колісочкою. В цій

камері личинка створює своєрідну стінку з дрібної тирси, яка закриває личинковий хід. Це забезпечує стабільний температурний режим та захищає від зовнішніх ворогів, які могли б потрапити в личинковий хід.

Cerambyx cerdo внесено до Червоної книги України та Європейського червоного списку (1991). Охороняється в складі фауни лісових біоценозів заповідників та заказників України (додаток II Бернської конвенції). Відзначений як шкідник, головним чином дуба звичайного. Жук має трирічну генерацію. Літ імаго триває з травня до початку серпня. Протягом 1,5-2 місяців самка відкладає 60–300 яєць у тріщини кори стовбура, рідше – на гілках. Личинки заляльковуються восени в комірках. Жуки нового покоління з'являються наприкінці серпня – у вересні і зимують в тих же комірках. Імаго живляться соком, що виступає з пошкоджених стовбурів. Зокрема 2024 рік для частини популяції *Cerambyx cerdo* був льотним, що свідчить про збільшення чисельності популяції.

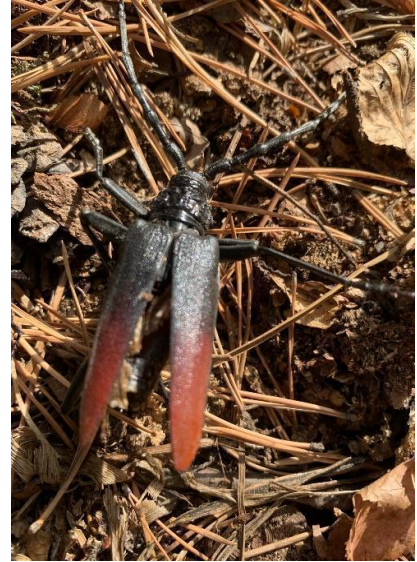


Рис. 6. Личинкові ходи та імаго *Cerambyx cerdo* (Coleoptera: Cerambycidae)
Fig. 6. The larval galleries and imago of *Cerambyx cerdo* (Coleoptera: Cerambycidae)

Також при детальному обстеженні насадження площею 1,4 га нами виявлено відмерлі особини (2 шт.) самок жука-олена (рис. 8). Імаго з'являються у травні–липні. Живляться соком з пошкоджених стовбурів дерев, переважно дуба, рідше – берези. Невдовзі після парування самці гинуть, а після відкладання яєць в дуплах дерев та пеньках гинуть самиці.

Личинки найчастіше розвиваються у підземній частині стовбурів і товстих коренях, всередині пеньків старих дерев, рідше – у гілках. Розвиток личинок відбувається тільки в мертвій деревині, ураженій білою деревною гниллю; живі або навіть ослаблені дерева личинки не заселяють. Типові ксиломіцетофаги, вони розвиваються у деревині, сильно пошкодженій

ксилотрофними грибами, яка втратила значну частину специфічності хімічного складу. Жуки відіграють важливу роль у процесах деструкції деревини на всіх етапах її розкладання.

Живлячись мертвою деревиною, личинки жука-олена вигризають ходи вздовж волокон деревини, сприяють розкладанню деревних залишків, відіграючи певну роль у процесах ґрунтоутворення. Личинки живляться переважно внутрішніми частинами стовбурів чи коріння дуба. Розвиток личинок триває впродовж 5-6 років, у травні останнього року вони перетворюються на лялечок. Зменшення місць перебування та рекреаційне навантаження негативно впливають на чисельність виду. *Lucanus cervus* внесено у Червону книгу України, і наразі чисельність його відновлюється.



Рис. 8. Самиця *Lucanus cervus* та потенційне місце поселення личинок
 Fig. 8. Female *Lucanus cervus* (Coleoptera: Lucanidae) and a potential site for larval habitation

Виявлений осередок знаходиться на території Білозірського лісництва Черкаського надлісництва в кварталі 287 виділі 7 (рис. 9).

Поблизу осередків масового розмноження, які характеризуються надмірною щільністю популяції комах-дендробіонтів, зазвичай

виникають міграційні осередки, куди розселяються комахи у пошуках нових місць поселень. Ці осередки діють впродовж декількох років, поки відбувається остаточне розсіювання популяції і повернення її до початкового рівня чисельності.

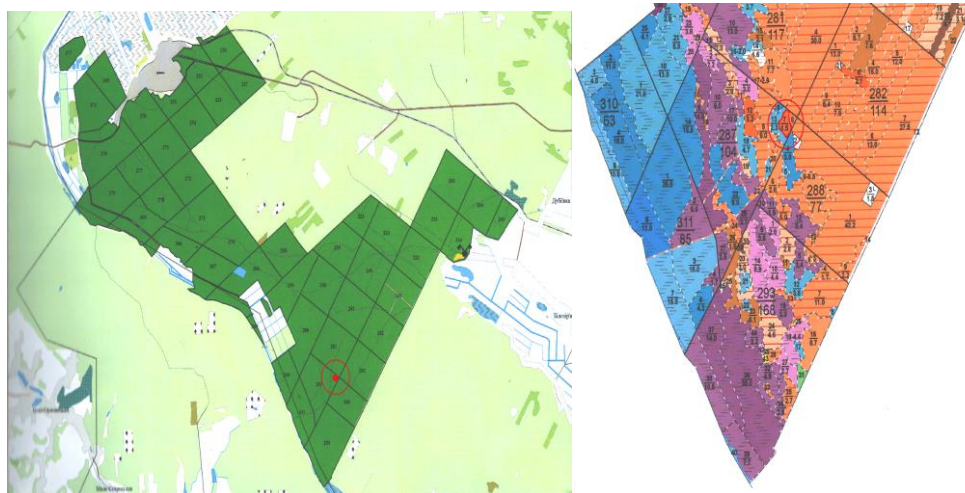


Рис. 9. Місце виявлення осередка масового розмноження *Cerambyx cerdo* та *Lucanus cervus* (червоний маркер)
 (червоний маркер)

Fig. 9. Location of the outbreak of mass reproduction of *Cerambyx cerdo* (Coleoptera: Cerambycidae) and *Lucanus cervus* (Coleoptera: Lucanidae), indicated by the red marker

Дискусія (Discussion).

Останнім часом в Європі під дією абіотичних, біотичних та антропогенних чинників відбулося повсюдне зменшення площі лісостанів основних лісотвірних деревних видів, зокрема ялини європейської, сосни звичайної та дуба звичайного (Blanar et al., 2019; Puzrina et al., 2022). Жуки-коріди є однією з найважливіших груп ксилобіонтів, разом із вусачами і златками складаючи основу комплексів ксилофагів деревних видів. Володіючи високою видовою та екологічною різноманітністю, вони відіграють важливу

роль у процесах деструкції деревини на всіх етапах її розкладання. Деякі представники родини суттєво впливають на лісгосподарську діяльність, завдаючи істотної технічної або фізіологічної шкоди лісовим насадженням.

Salle, Nageleisen, & Lieutier (2014) відзначають провідну роль комах-ксилофагів у стрімкому виханні деревних видів, зокрема дуба звичайного, при скоренні відмирання ослаблених дерева. Тим не менш, сучасні знання про біологію та екологію цих видів є недостатніми, а ефективні стратегії управління ними наразі відсутні. За дослідженнями Mezei

et al. (2022) розуміння динаміки популяції *Scolytus intricatus* та чинників, що визначають щільність його заселення дерев, є необхідним для успішного контролю та управління популяціями. Поряд з цим, зміна клімату, ймовірно, змінить взаємодію між рослинами дуба звичайного та жуками, сприяючи факторам зниження, прямо чи опосередковано змінюючи резистентність живителя, фенологію та привабливість, а також розвиток, розподіл і взаємодію жуків з мікроорганізмами (Salle et al., 2014). Відзначимо, що у розвитку осередків масових розмножень комах-ксилофагів виділено фази, кожна з яких характеризується певною чисельністю (Середюк, Пузріна, 2018). Таким чином в обстежених насадженнях комахи-дендробіонти знаходяться у фазі концентрації або наростання чисельності за рахунок формування популяцій з невисокою щільністю. Ці фази властиві лише короїдам, для вусачів вони не характерні.

Осередки більшості комах, що підлягають охороні в об'єктах Cherkaskyi Bir UA0000254 Смарагдової мережі, приурочені до полів, луків, узлісь і заплав річок, що підтверджено також дослідженнями інших авторів. Зокрема, за дослідженнями І. Трускавецької (2019) біотопічно переважають лісові види (41,0%), менше – політопні (32,0%), слабо – луко-лісові та агроценозні види (4,5-9,1% видового складу). За трофічною спеціалізацією домінують фітофаги (50,0%), меншу частку становлять хижаки (27,2%), поодинокі трапляються сапрофітофаги (18,0%) та некросапрофаги (близько 4,5% видового складу). Відмічено, що серед усього ентомологічного різноманіття ряду Твердокрилі трапляються два види комах, які внесено до Червоної книги України (*Lucanus cervus* та *Cerambyx cerdo*), що підтверджено нашими дослідженнями.

За результатами досліджень Wyatt (2021) втрата біорізноманіття є одним із основних елементів шкоди, спричиненої діяльністю людини. Політика охорони дикої природи та збереження, закріплена, насамперед, у Конвенції про охорону дикої флори і фауни та природних середовищ існування в Європі (Бернська конвенція) є спробою зупинити втрату елементів дикої природи. На стадії формування та реалізації Смарагдової мережі, яка зараз триває в Україні, опис природного комплексу кожної конкретної території набуває актуальності (Василук та ін., 2019; Куземко та ін., 2019), відтак моніторингові дослідження, які проводяться, дають можливість узагальнити наявну інформацію щодо оселищ рідкісних, зокрема дендробіотних видів комах того чи іншого регіону.

Висновки (Conclusions).

1. Встановлено перелік видів комах, що підлягають охороні та проведенню моніторингу на об'єктах Cherkaskyi Bir UA0000254 Смарагдової мережі.

2. До комах, що підлягають охороні в лісових насадженнях, належать вусач дубовий великий (*Cerambyx cerdo*) та жук-олень (*Lucanus cervus*). Під час обстеження дерев дуба звичайного у деревостані з домінуванням у складі сосни звичайної виявлено комах-дендробіотів із різною щільністю поселення, а саме, дубову златку (*Chrysobothris affinis*) та дубового заболонника (*Scolytus intricatus*), які знаходяться у фазі концентрації або наростання чисельності за рахунок формування популяцій з невисокою щільністю.

3. Підтверджено важливу роль комах-дендробіотів у лісових екосистемах як індикаторів стану довкілля та учасників процесів деструкції деревини і кругообігу речовин. Збереження старовікових і всихаючих дерев має вирішальне значення для підтримання біорізноманіття цих видів.

4. Регулярний моніторинг видового складу та чисельності комах-дендробіотів є необхідним для виявлення ранніх ознак змін в екосистемах Черкаського бору. Отримані дані, зокрема щодо льотного року для *Cerambyx cerdo* у 2024 р., є цінною інформацією для динамічного оцінювання стану популяції. Результати дослідження слугують інформаційною основою для розробки і впровадження ефективних заходів зі збереження біорізноманіття, зокрема рідкісних та зникаючих видів комах, а також для сталого управління лісовими ресурсами в об'єктах Смарагдової мережі.

Конфлікт інтересів (Conflicts of Interest).

Автори заявляють про відсутність у них відомих конкуруючих фінансових інтересів чи особистих зв'язків, які могли б вплинути на результати, представлені у цій статті.

Список літератури (References)

- Andrienko, T. L., & Peregrym, M. M. (2012). *Official lists of regional rare plants of administrative territories of Ukraine*. Alterpres. <https://irbis-nbuv.gov.ua/ulib/item/ukr0000024208>
[Андрієнко, Т. Л., Перегрим, М. М. (2012). *Офіційні переліки регіонально рідкісних рослин адміністративних територій України*. Київ: Альтерпрес.] (in Ukrainian)
- Basile, M., Asbeck, T., Jonker, M., Knuff, A. K., Bauhus, J., Braunisch, V., Mikusiński, G., & Storch, I. (2022). What do tree-related microhabitats tell us about the abundance of forest-dwelling bats, birds, and insects? *Journal of Environmental Management*, 264, 110401. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110401>
- Blonar, D., Guttova, A., Mihál, I., Plasek, V., Hauer, T., Palice, Z., & Ujhazy, K. (2019). Effect of magnesite dust pollution on biodiversity and species composition of oak-hornbeam woodlands in the Western Carpathians. *Biologia*, 74(12), 1591–1611. <https://doi.org/10.2478/s11756-019-00344-6>

- Council of Europe. (1998). Revised Annex I of Resolution 6 (1998) of the Bern Convention listing the species requiring specific *habitat conservation measures* (revised 2011). <https://rm.coe.int/1680746347>
- Godlevska, O., Fesenko, H., Parnikoza, I., Rizun, V., Kutsokon, Yu., & Inozemtseva, D. (Eds.). (2010). *Fauna of Ukraine: Conservation categories* (2nd ed.). https://www.researchgate.net/publication/279506091_Fauna_of_Ukraine_conservation_categories_Fauna_Ukraini_ohoronni_kategorii_Dovidnik [Годлевська, О., Парнікоза, І., Різун, В., Фесенко, Г., Куцоконь, Ю., Загороднюк, І., Шевченко, М., Іноземцева, Д. (2010). *Фауна України: охоронні категорії. Довідник*. Київ.] (in Ukrainian)
- International Union for Conservation of Nature. (n.d.). *The IUCN Red List of Threatened Species*. <https://www.iucnredlist.org/>
- Kuzemko, A., Didukh, Ya., Onishchenko, V., & Sheffer, Ya. (Eds.). (2018). *National biotope catalog of Ukraine*. FOP Klymenko Yu. [Куземко, А. А., Дідух, Я. П., Онищенко, В. А., & Шеффер, Я. (2018). *Національний каталог біотопів України*. Київ: ФОП Клименко Ю. Я., 442 с.] (in Ukrainian)
- 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>
- Meshkova, V. L., Kochetova, A. I., Zinchenko, O. V., & Skrylnik, Yu. Ye. (2017). Biology of multivoltine bark beetle species (Coleoptera: Scolytinae) in the north-eastern steppe of Ukraine. *The Bulletin of Kharkiv National Agrarian University. Series "Phytopathology and Entomology,"* 1–2, 117–124. <https://entomology.kharkiv.ua/index.php/KhESG/issue/view/2>
- Meshkova, V. L., Kukina, O. M., Skrylnyk, Yu. Ye., Zinchenko, O. V., Sokolova, I. M., Davidenko, K. V., ... Koshelyayeva, Ya. V. (2020). *Methodological guidelines for monitoring, recording, and forecasting the spread of forest pests and diseases in the lowland regions of Ukraine*. Planeta-Print. <https://tlu.kiev.ua/pro-nas/novini-zakhodi/novina/article/za-finansovoji-pidtrimkitovaristva-lisivnikiv-ukrajini-pobachila-svit-kniga-zared-vl-mjeshkovoji-met.html> [Мешкова, В. Л., Кукіна, О. М., Скрильник, Ю. Є., Зінченко, О. В., Соколова, І. М., Давиденко, К. В., ... Кошеляєва, Я. В. (2020). *Методичні вказівки з нагляду, обліку та прогнозування поширення шкідників і хвороб лісу для рівнинної частини України*. Харків: ТОВ «Планета-Принт», 92 с.] (in Ukrainian)
- Mezei, P., Fleischer, P., Rozkošný, J., Kurjak, D., Dzurenko, M., Rell, S., Lalík, M., & Galko, J. (2022). Weather conditions and host characteristics drive infestations of sessile oak (*Quercus petraea*) trap trees by oak bark beetles (*Scolytus intricatus*). *Forest Ecology and Management*, 503, 119775. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119775>
- Polianska, K. V., Borysenko, K. A., Pawlaczyk, P., Vasiliuk, O. V., Marushchak, O. Yu., Shyriaieva, D. V., ... Roman, A. M. (2017). *Involvement of the public and scientists in the design of the Emerald Network (Smaragdova merezha) in Ukraine*. <https://uncg.org.ua/zaluchennia-do-proektuvannia-emerald/> [Полянська, К. В., Борисенко, К. А., Равлачук, Р., Василюк, О. В., Марущак, О. Ю., Ширяєва, Д. В., ... Роман, А. М. (2017). *Залучення громадськості та науковців до проектування мережі Емеральд (Смарагдової мережі) в Україні*. Київ, 304 с.] (in Ukrainian)
- Puzrina, N., Karpuk, A., Vasylyshyn, R., Melnyk, O., & Tokarieva, O. (2022). Thirty-year dynamics of the pine stand sanitary conditions of Boyarka Forestry Research Station. *Scientific Horizons*, 25(10), 43–52. [https://doi.org/10.48077/scihor.25\(10\).2022.43-52](https://doi.org/10.48077/scihor.25(10).2022.43-52)
- Puzrina, N. V., Meshkova, V. L., Myronyuk, V. V., Bondar, A. O., Tokarieva, O. V., & Boiko, H. O. (2021). *Monitoring of harmful organisms of forest ecosystems: Training manual*. National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. <https://dglb.nubip.edu.ua/handle/123456789/8988> [Пузріна, Н. В., Мешкова, В. Л., Миронюк, В. В., Бондар, А. О., Токарьєва, О. В., Бойко, Г. О. (2021). *Моніторинг шкідливих організмів лісових екосистем*. Київ: редакційно-видавничий відділ НУБіП України, 274 с.] (in Ukrainian)
- Red Book of Ukraine. Insects. (2009). Global Consulting. <https://redbook-ua.org/category/insecta/>
- [Червона книга України. Тваринний світ. (2009). Київ: Глобалконсалтинг.] (in Ukrainian)
- Report on the strategic environmental assessment of the Cherkasy Oblast economic and social development program for 2024. (n.d.). https://ck-oda.gov.ua/wp-content/uploads/2023/11/01112023_1.pdf
- [Звіт про стратегічну екологічну оцінку Програми економічного і соціального розвитку Черкаської області на 2024 рік.] (in Ukrainian)
- Salle, A., Nageleisen, L.-M., & Lieutier, F. (2014). Bark and wood boring insects involved in oak declines in Europe: Current knowledge and future prospects in a context of climate change. *Forest Ecology and Management*, 328, 79–93. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.05.027>
- Seredyuk, O. O., & Puzrina, N. V. (2018). Estimation of the condition of spruce trees in the botanical garden of the NULES of Ukraine. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*, 288, 125–134. <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Lisivnytstvo/article/view/12737> [Середюк, О. О., Пузріна, Н.

- В. (2018). Оцінка стану дерев ялини європейської у Ботанічному саду НУБІП України. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Лісівництво та декоративне садівництво*, 288, 125–134.] (in Ukrainian)
- Soshenskyi, O., Zibtsev, S., Gumeniuk, V., Goldammer, J. G., Vasylyshyn, R., & Blyshchuk, V. (2021). The current landscape fire management in Ukraine and strategy for its improvement. *Environmental & Socio-Economic Studies*, 9(2), 39–51. <https://doi.org/10.2478/environ-2021-0009>
- State Museum of Natural History of the National Academy of Sciences of Ukraine. (2016). *Rare and endangered insect species of Ukraine* [Online database]. http://science.smnh.org/databases/rare_insects/ [Державний природознавчий музей НАН України. (2016). *Рідкісні і зникаючі види комах України* [Онлайн-база даних]. science.smnh.org/databases/rare_insects/](in Ukrainian)
- Terentiev, A., Bala, O., Lakyda, P., & Bondar, H. (2023). Current state and productivity of Scots pine modal stands of the Forest Steppe of Ukraine. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*, 14(1), 105–123. <https://doi.org/10.31548/forest/1.2023.105>
- Torres-Vila, L. M., Mendiola-Díaz, F. J., & Canelo, T. (2023). *Cerambyx cerdo* and *Cerambyx welensii* oak-living sympatric populations exhibit species-specific responses to ecological factors in the wild. *Diversity*, 15(4), 545. <https://doi.org/10.3390/d15040545>
- Truskavetska, I. Ya. (2019). Ecological and faunistic features of insects of the order *Coleoptera* on the right bank of the Kaniv reservoir within the Cherkasy region. *Ecological Sciences*, 3(26), 110–114. <https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-3-26-21> [Трускавецька, І. Я. (2019). Еколого-фауністичні особливості комах ряду *Coleoptera* на правобережжі Канівського водосховища у межах Черкаської області. *Екологічні науки*, 3(26), 110–114.] (in Ukrainian)
- Updated list of officially adopted Emerald Network sites. (2024). <https://rm.coe.int/pa19e-2024-draft-adopted-list-emerald-network-2780-0634-1643-1/1680b27e34>
- Vasylyshyn, R. D. (2014). *Productivity and ecological-energetic potential of forests of the Ukrainian Carpathians* (Abstract of doctoral dissertation). National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. [Василишин, Р. Д. (2014). *Продуктивність та еколого-енергетичний потенціал лісів Українських Карпат: автореф. дис. ... д-ра наук: 06.03.02*. Київ: Національний університет біоресурсів і природокористування України.] (in Ukrainian)
- Vasylyshyn, R., Lakyda, I., Lakyda, M., & Blyshchuk, V. (2023). Net primary production of forest vegetal biomass in Kyiv region. *Ecological Engineering and Environmental Technology*, 24(1), 38–45. <https://doi.org/10.12912/27197050/154908>
- Vasilyuk, O., Borisenko, K., Kuzemko, A., Marushchak, O., Testov, P., & Hrynyk, E. (2019). *Design and conservation of the Emerald Network*. LAT & K. [Васильюк, О., Борисенко, К., Куземко, А., Марущак, О., Тестов, П., Гриник, Є. (2019). *Проектування і збереження територій мережі Емеральд (Смарагдової мережі)*. Київ: «LAT & K», 78 с.] (in Ukrainian)
- Wyatt, T. (2021). The Bern Convention and CITES in the UK: An exploration of norms and ambiguities. *Revista Catalana de Dret Ambiental*, 12(1). <https://doi.org/10.17345/rcda3073>

Rare species of dendrobiont insects in the Emerald Network sites (UA0000254 Cherkaskyi Bir)

N. Puzrina¹, O. Bala², Y. Babych³

Forest stands of the Cherkasy Forestry Management Unit of the “Central Forest Office” branch of the State Specialized Forest Enterprise “Forests of Ukraine” within the Emerald Network site

UA0000254 Cherkaskyi Bir represent an important reserve that includes insect species and their habitats that are subject to protection. In order to identify the habitats of dendrobiont insects, populations of unique

¹ Nataliia Puzrina – Corresponding Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Forestry. National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 03041, 15 Heroiv Oborony St., Kyiv, Ukraine. E-mail: npuzrina@nubip.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1645-7489>

² Oleksandr Bala – Corresponding Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor, Director of the Research Institute of Forestry and Decorative gardening. National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 03041, 15 Heroiv Oborony St., Kyiv, Ukraine. E-mail: bala@nubip.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6538-8876>

³ Yulia Babych – Postgraduate student. National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 03041, 15 Heroiv Oborony St., Kyiv, Ukraine. E-mail: julia.nosenko28@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-8993-7841>

natural complexes, rare species, and species threatened with extinction (endangered species), detailed surveys of the territory were carried out, during which rare species listed in the Red Data Book of Ukraine and in the Bern Convention resolution were identified.

Within the surveyed area, rare insect species are widespread, as well as habitats included in the list of those subject to protection in the Emerald Network site UA0000254 Cherkaskyi Bir. However, these are mainly species that are only indirectly associated with forest environments – namely aquatic, wetland, and meadow species, as well as those occurring beyond the boundaries of the surveyed plots.

The least weakened trees are colonized by aggressive species of xylophagous insects, in particular the European oak bark beetle (*Scolytus intricatus* Ratz). As trees vitality declines, they are colonized by less aggressive species, such as the gold pit oak splendour beetle (*Chrysobothris affinis* Fabr.), whereas irreversibly weakened and dying trees are inhabited by the great capricorn beetle (*Cerambyx cerdo* L.) and the European stag beetle (*Lucanus cervus* L.).

During reconnaissance surveys, a general inspection of the plots was conducted along designated transect lines. Detailed surveys of the plots included identification of the species composition of xylophagous insects associated with common oak (*Quercus robur*), as well as determining the average number of colonization sites of different species per square decimeter of trunk surface. In total, 130 specimens of pedunculate oak were examined using validated methodological approaches.

During the examination of stands dominated by Scots pine (*Pinus sylvestris*) and common oak, representatives of the subfamily Scolytinae, as well as the families Buprestidae, Cerambycidae, and Lucanidae, were recorded on a small proportion of trees (no more than 5–10%), most of which were classified as belonging to sanitary condition category IV. The presence of longhorn beetles (Cerambycidae) and stag beetles (Lucanidae) was first recorded during the

2024 surveys, which may indicate a potential increase in their population size.

The identified populations of xylophagous insects are characterized by low to medium levels of infestation; they were found exclusively on severely weakened trees, and species listed in the Red Data Book occur sporadically. It should be noted that the territory of the enterprise is predominantly covered by forest biotopes, whose vegetation is mainly represented by pine and pine–oak forests. Pure oak forests are less common, while European black alder (*Alnus glutinosa*) forests are found in depressions.

These forest stands of the Cherkasy Forestry Management Unit are weakened by the adverse impact of abiotic factors (drought, lowering of groundwater levels, high air temperatures) and biotic factors (stem pests and forest diseases). For instance, during the survey of the stand of composition 80% Pine, 20% Oak + Birch, signs of infestation by great capricorn beetle (*Cerambyx cerdo*) were detected on 14 common oak trees (presence of wood debris beneath the trees, numerous larval galleries, and characteristic large exit holes). In addition, during a detailed survey of a stand covering an area of 1.4 ha, two dead female individuals of the European stag beetle (*Lucanus cervus*) were recorded.

Near centers of mass reproduction characterized by excessive population density of dendrobiont insects, migratory centers (foci) typically emerge, to which insects disperse in search of new habitats. These centers remain active for several years until the population is fully dispersed and returns to its initial abundance level.

The results of the study serve as an informational basis for the development of regional biodiversity conservation programs and for the implementation of mechanisms for the sustainable use of forest resources.

Key words: *Cerambyx cerdo*; *Lucanus cervus*; *Scolytus intricatus*; *Chrysobothris affinis*; conservation categories; Bern Convention; Red Data Book of Ukraine; monitoring.

2. ЛІСОЗНАВСТВО, ЛІСІВНИЦТВО ТА МИСЛИВСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО



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

<http://fasu.nltu.edu.ua>
<https://doi.org/10.36930/412520>
Article received 2025.06.12
Article revised 2025.11.06
Article accepted 2025.11.20
Article published 2026.03.11

ISSN 1991-606X print
ISSN 2616-5015 online
@ ✉ Correspondence author
Vitalii Goroshko
lesovodhnau@gmail.com
44 Alchevskiyh St.,
Kharkiv, 61002, Ukraine

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 (CC BY 4.0) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)



УДК 630*232 : 556.535 (477.54)

Водозбори приток середньої течії р. Сіверський Донець: екологічна стабільність, правове регулювання та оптимізація лісокористування

В.В. Горошко¹, С.П. Распопіна², Ю.М. Біла³, М.М. Діденко⁴

Представлено результати комплексного дослідження структури водозборів приток середньої течії річки Сіверський Донець – головної водної артерії східного регіону України, зокрема Харківщини. Проаналізовано структуру земельного фонду в межах басейнів малих і середніх річок, визначено фактичну лісистість територій і рівень антропогенного навантаження. Встановлено, що сучасна організація структури землекористування є екологічно незбалансованою. Спостережено значну диспропорцію у землекористуванні: частка ріллі є надмірною і в середньому становить – $75,2 \pm 6,7\%$ (на окремих водозборах – понад 90%), тоді як лісистість залишається недостатньою – лише 12,7%. Особливе занепокоєння спричиняють шість водозборів, де показник лісистості є критичним (3–6%). Наявний дисбаланс між площею ріллі та землями, вкритими лісовою рослинністю, створює передумови деградації

¹Горошко Віталій Віталійович – доцент кафедри лісівництва та мисливського господарства. Державний біотехнологічний університет, вул. Алчевських, 44, Харків, 61002, Україна. E-mail: lesovodhnau@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8186-6214>

²Распопіна Світлана Петрівна – академік Лісівничої академії наук України, доктор сільськогосподарських наук, завідувачка лабораторії лісового ґрунтознавства УкрНДЛІГА ім. Г.М. Висоцького, Харків, вул. Григорія Сковороди, 86, 61024; доцент кафедри лісових культур, меліорацій та садово-паркового господарства; Державний біотехнологічний університет, вул. Алчевських, 44, Харків, 61002, Україна. E-mail: s_gasporina@ukr.net ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1880-9364>

³Біла Юлія Миколаївна – доцент кафедри лісових культур, меліорацій та садово-паркового господарства. Державний біотехнологічний університет, вул. Алчевських, 44, Харків, 61002, Україна. E-mail: belay_1980@ukr.net ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1446-8168>

⁴Діденко Максим Михайлович – доцент кафедри лісових культур, меліорацій та садово-паркового господарства. Державний біотехнологічний університет, Харків, Алчевських, 44, 61002, Україна. E-mail: didenko_maxim@ukr.net ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1880-9364>

водних і ґрунтових ресурсів. Особливу увагу приділено аналізу нормативно-правового регулювання захисних функцій лісів. На основі даних лісовпорядкування виявлено системну проблему невідповідності між юридичним статусом лісів (переважно «рекреаційно-оздоровчі») та їхньою фактичною водоохоронною роллю. Існуючий поділ лісів на категорії захисності не враховує геоморфологічних особливостей водозборів (схили, вододіли, заплави), що знижує ефективність водоохоронної та водорегулюючої функцій лісових насаджень. Запропоновано впровадити концепцію переходу до басейнового принципу управління лісами з виділенням зон суворої охорони у витоках річок.

Ключові слова: *сточище; структура земельного фонду; водні ресурси; лісистість; категорії захисності лісів; басейновий принцип управління.*

Вступ (Introduction).

Одним із визначальних чинників, що зумовлює особливості ведення господарства, екологічну безпеку і сталий розвиток регіонів, є структурна організація водозборів річок. При цьому водозбір потрібно розглядати не лише як територію стоку, але й як складну біогеоморфологічну систему, де на формування гідрологічного режиму впливає комплекс факторів: рельєф, ґрунти, рослинність, діяльність людини (Олійник, 2008, 2012, 2013). Процес перетворення атмосферних опадів на річковий стік цілком залежить від структури водозбору. Зокрема В.С. Олійник (2008) виділяє такі складові водозбору: 1) фізико-географічні та морфометричні (площа, форма, рельєф водозбору, експозиція схилів); 2) геологічна будова та ґрунтовий покрив (літологічний склад та водно-фізичні властивості ґрунту-підґрунтя); 3) рослинний покрив (лісистість, склад, вік, вертикальна структура насаджень); 4) гідрографічна мережа (густота річкової мережі та наявність інших водних об'єктів); 5) антропогенна трансформація (ступінь розораності, урбанізація, гідротехнічні споруди). Отже, структура водозбору визначається співвідношенням площ різних категорій земель (ліси, луки, рілля, забудова) та їхнім просторовим розміщенням у певних геоморфологічних умовах.

Для східного регіону України, де водні ресурси є лімітованим ресурсом соціально-економічного розвитку, екологічний стан басейну р. Сіверський Донець має стратегічне значення. Гідрологічна роль лісових екосистем та їхня трансформаційна дія на складові водного балансу не є універсальною. Вона характеризується значною просторовою мінливістю та суттєво залежить від низки факторів, зокрема – фізико-географічних особливостей окремих елементарних водозборів. Тому визначення закономірностей поширення та формування лісів на водозборах має вагоме значення під час планування лісогосподарської діяльності.

Загальновизнано, що ліси відіграють ключову роль у регулюванні водного режиму, перетворюючи швидкий поверхневий стік у пролонгований ґрунто-

вий, що мінімізує ризики виникнення ерозії та паводків або суттєво пом'якшує їхні наслідки. В сучасних умовах ерозію класифікують як критичний чинник, що зумовлює масштабну втрату родючості та фізичне руйнування ґрунтового покриву планети. В Україні ерозія охоплює значні площі та має катастрофічні наслідки, призводячи до щорічних втрат води в обсязі близько 16 млрд м³ та родючого шару ґрунту – 600 млн тонн (Сайко, 2008; Балюк, Товажнянський, 2010). Механізм регулювання трансформації поверхневого стоку базується на перехоплюванні кронами до 15-30% опадів та високій гігроскопічності лісової підстилки, акумулююча здатність якої досягає 150-200% від власної маси (Ткач, 1999; Олійник, 2013; Ellison et al., 2017). Інфільтрована волога поповнює водоносні горизонти, забезпечуючи таким чином стабільне підземне живлення річок, що є ключовою умовою протидії пересиханню малих водотоків. Загально-визнаною також є роль лісових екосистем як потужного природного біогеохімічного бар'єру, що затримує тверді частинки, пестициди, абсорбує надлишок нутрієнтів (сполук азоту й фосфору), які змиваються з сільськогосподарських угідь, запобігаючи таким чином евтрофікації водойм (Rodrigues et al., 2019). Потужна транспірація лісового деревостану сприяє кліматичному регулюванню вологи (Олійник, 2013; Widiyatno, & Asdak, 2023), зокрема впливає на формування хмар (Ellison et al., 2017), випадання опадів всередині континентів та охолодженню приземного шару повітря, завдяки чому зменшується випаровування з відкритих водойм. Водночас науковці зауважують, що не потрібно спрощувати водоакumuлюючу здатність лісу та розглядати її однобічно, оскільки в певних умовах ліси є не лише нагромаджувачами вологи, але й потужними її споживачами (Олійник, 2014; Creed, et al., 2018; Li et al., 2019).

Сучасна модель лісокористування в Україні здебільшого спирається на застарілу методологію, не враховуючи цілісності водозборів, тобто ігноруючи басейновий принцип управління. Запроєктовані лісогосподарські заходи для малих водозборів розглядають ізольовано, тоді як

вони повинні бути інтегровані в єдину систему заходів у межах водозбору вищого порядку (Шпарик, Парпан, Токар, 2014; Горошко та ін., 2022). Ігнорування порядку водозборів призводить до суттєвих протиріч у висновках щодо водоохоронної ролі лісів та неефективного витрачання коштів на лісомеліорацію. Для прикладу, рівномірні за шириною лінійні смуги вздовж русла не здатні перехопити концентрований поверхневий стік з усієї площі водозбору, до того ж вода потрапляє в річку через мережу приток і балок, оминаючи лісосмуги (Tomer, James, & Isenhardt, 2003). Тому захисні смуги повинні утворювати систему захисту не лише вздовж річки (лінійні), але й включати водорегулюючі (на схилах) та прибалкові (на краях балок) смуги (Криницький та ін., 2014; Шпарик та ін., 2014).

На сьогодні існує правова колізія, за якої поділ лісів на категорії захисності не узгоджується з їхнім фактичним екологічним призначенням і реальною захисною функцією. Чинна класифікація ігнорує реальну гідрологічну та протиерозійну роль лісів, що стає причиною впровадження неадекватних методів лісогосподарювання. Необхідно зважати на те, що всі лісові насадження в межах водозборів, а не лише прибережні смуги, виконують водоохоронні функції (Горошко та ін., 2022). Це твердження є базисом для сучасного «басейнового принципу» лісоуправління, який покладено в основу цього дослідження.

Метою дослідження є аналіз структури водозборів приток Сіверського Дінця для виявлення розбіжностей між фактичним екологічним потенціалом лісів та їхнім офіційним правовим статусом.

Об'єкти і методика дослідження (Objects and methods).

Об'єктом дослідження є структура земельного фонду водозборів приток середньої течії річки Сіверський Донець. *Предмет дослідження* – екологічна стабільність водозборів та правовий статус лісових насаджень приток середньої течії річки Сіверський Донець.

Ця територія характеризується складною геологічною будовою та розчленованим рельєфом, що створює умови для активного розвитку ерозійних процесів. Під час класифікації водозборів було використано гідрологічний підхід поділу річок на порядки (Водний кодекс України, 1995):

1. Малі річки (площа водозбору до 2000 км²). Це основна група досліджуваних об'єктів, до якої віднесено річки Велика Бабка, Тетліжка, Чуговка, Студенок, Роганка, Рудка, В'ялий, Муром, Липець, Харків, Мерефа, Мжа. Саме малі річки формують основний об'єм стоку великих річок і є найбільш чутливими до антропогенного тиску.

2. Середні річки (площа водозбору понад 2000 км²) – р. Уди, р. Лопань.

Порядок водозбору є важливою характеристикою. Для водозборів вищого рівня визначальними є кліматичні і тектонічні умови (зональні особливості), тоді як для малих водозборів вирішальну роль відіграють місцеві особливості ландшафту та структура угідь (Олійник, 2013).

Дослідження базується на комплексному аналізі картографічних матеріалів, даних земельного кадастру та матеріалів лісовпорядкування. Етапи дослідження включали: оцінювання структури землекористування та фактичної лісистості водозборів з їхнім групуванням за класифікацією М.Д. Гродзинського (1993), а також аналізування поділу лісів за категоріями захисності (Порядок поділу лісів на категорії..., 2007).

Результати (Results).

Аналіз структури водозборів виявив критичну диспропорцію в їхньому землекористуванні (табл. 1). Так, найбільшу площу займають сільськогосподарські землі, частка яких змінюється в межах 53-91%. Зокрема, на водозборах річок Студенок, Роганка, Рудка, В'ялий, Муром, Липець агроландшафти займають від 83 до 91% території, а ліси лише 3-6%, що становить загрозову екологічну ситуацію, адже практично знівельовані природні механізми стримування поверхневих вод. Навіть на водозборах середніх річок – Уди та Лопань частка агроценозів досягає 68-74%, а лісистість не перевищує 10-13%.

Таблиця 1. Структура водозбірних площ приток річки Сіверський Донець

Table 1. Structure of watershed areas of tributaries in the middle reaches of the Siverskyi Donets River

Назва річки	Площа										Загальна площа, км²
	ліси		водойми		населені пункти		дороги		інші землі, зо- крема землі сіль- госпкористування		
	км²	%	км²	%	км²	%	км²	%	км²	%	
Велика Бабка	119	31	4	1,1	11	3	2	0,5	242	64	378
Тетліжка	25	31	1	1,3	3	4	1	1,3	50	63	80
Чуговка	6	17	1	2,8	8	22	0,1	0,3	21	58	36
Студенок	4	4	1	1,1	4	4	1	1,1	80	89	90
Роганка	13	6	2	1,0	13	6	1	0,5	175	86	204

Назва річки	Площа										Загальна площа, км ²
	ліси		водойми		населені пункти		дороги		інші землі, зо- крема землі сіль- госпкористування		
Рудка	2	4	1	2,2	3	7	0,1	0,2	39	87	45
В'ялий	3	5	2	3,1	3	5	0,1	0,2	57	88	65
Муром	4	3	0,1	0,1	8	5	1	0,7	135	91	148
Липець	3	3	0,1	0,1	12	13	1	1,1	76	83	92
Харків	116	14	1	0,1	99	12	6	0,7	598	73	820
Лопань	185	13	15	1,0	253	17	13	0,9	989	68	1455
Уди	311	10	44	1,4	440	14	28	0,9	2348	74	3171
Мерефа	67	26	5	1,9	49	19	1	0,4	135	53	257
Мжа	261	14	25	1,4	184	10	5	0,3	1333	74	1808

Окрім сільськогосподарської діяльності, значний вплив на водозбори має урбанізація. Частка земель житлової та громадської забудови варіює від 3 до 22%, при цьому виявлено вкрай негативну ситуацію, коли площа забудов перевищує площу лісів (див. табл.1). Так, на сточищі річки Чуговка населені пункти займають 22%, тоді як ліси – лише 17%, р. Лопань – 17 та 13%, р. Уди 14 та 10%, р. Липець – 13 та 3%, р. Рудка – 7 та 4%, р. Муром – 5 та 3% відповідно.

Попри низьку питому вагу дорожньої інфраструктури (від 0,2 до 1,3%) в структурі водозборів, вона суттєво впливає на природні екосистеми через деформацію природних векторів стоку, а також перетворюється у джерела концентрованого забруднення водних об'єктів (Roy, 2023).

Для з'ясування відповідності правового режиму лісів та їхнього реального водоохоронного статусу, проведено аналізування поділу лісів за відповідними категоріями захисності (табл. 2).

Таблиця 2. Диференціація лісів на водозборах приток середньої течії р. Сіверський Донець за категоріями захисності

Table 2. Differentiation of forests by protection categories within the watersheds of tributaries in the middle reaches of the Siverskyi Donets River

Водозбір річки	Ліси природоохоронного, наукового, історико-культурного призначення		Рекреаційно-оздоровчі ліси		Захисні ліси		Усього га
	га	%	га	%	га	%	
Тетліжка	77	3,1	2399	96,9	–	–	2476
Чуговка	–	–	686	100,0	–	–	686
Мерефа	–	–	6824	100,0	–	–	6824
Липець	–	–	412	100,0	–	–	412
Лопань	–	–	18774	99,9	13	0,1	18787
Харків	–	–	11601,0	99,9	13	0,1	11614
Велика Бабка	368	3,1	11550	96,5	53	0,4	11971
В'ялий	–	–	391	100,0	–	–	391
Уди	–	–	30638	99,9	40	0,1	30678
Мжа	–	–	26130	99,8	57	0,2	26187
Муром	–	–	417	100,0	–	–	417
Загальне, га	445		109822		176		110443,0
Середнє, %	296,7	3,1	18303,7	99,4	58,7	0,2	18407,2

Доведено абсолютне домінування лісів категорії «рекреаційно-оздоровчі», середня частка яких становить 99,4% (109822 га) від загальної площі лісів дослідженого водного басейну. Показник цієї категорії в межах окремих водозборів залишається стабільно надвисоким – від 96,5% у басейні р. Велика Бабка до максимальних 100% на сточищах річок Чуговка, Мерефа, Липець, В'ялий і Муром. При цьому захисні ліси, які мали б бути

основним елементом водозборів, посідають лише 0,2% (176 га). Більше того, ця категорія переважно складена лісосмугами вздовж автомобільних магістралей, а не поблизу водних об'єктів. Природоохоронні ліси займають 0,4% (445 га) та представлені пам'ятками природи і заказниками.

Згідно з отриманими даними, частка лісів із водоохоронним статусом (зокрема «берегозахисні смуги» та «ділянки навколо витоків річок»)

є критично низькою. Здебільшого такі категорії насаджень у матеріалах лісовпорядкування взагалі відсутні. Отже, наявний правовий статус лісових масивів орієнтований на їхнє використання як рекреаційного ресурсу. При цьому стратегічна роль лісів у забезпеченні водної безпеки регіону та підтриманні гідрологічного балансу юридично не визначена.

Загальновідомо, що лісовий покрив є ключовим індикатором екологічної стабільності водозбору. На основі класифікації вкритих лісом земель за М.Д. Гродзинським (1993), нами виконано групування досліджуваних водозборів. Встановлено, що за своїми характеристиками вони охоплюють лише три групи з п'яти можливих.

Першу групу (лісистість менше 5%) становлять водозбори річок Муром, Липець – по 3%, Рудка, Студенок – по 4%. Це найбільш екологічно вразлива група, в якій вкрай низький рівень лісистості призводить до значного обсягу поверхневого стоку, паводків і пересихання річок у літній період. До другої групи – малозалісені території (лісистість 5-25%) увійшли водозбори річок В'ялий (5%), Роганка (6%), Уди (10%), Лопань (13%), Харків, Мжа – по 14%, Чуговка (17%). Лісові насадження з такою низькою лісистістю (5-17%), не здатні компенсувати деструктивне антропогенне навантаження, зумовлене високою розораністю земель. Третя група – середньозалісені водозбори (лісистість 25-50%), представлена лише трьома сточищами річок Мерефа (26%), Тетліжка (31%) і Велика Бабка (32%). Ця група характеризується сприятливішим, порівняно з попередньою, гідрологічним режимом (вища стабільність стоку, мінімізація процесів замулення русел). Зауважимо, що серед досліджених водозборів, відсутні «порівняно залісені» (50-75%) та «добре залісені» (75-100%) категорії, що свідчить про загальний дефіцит лісових ресурсів у басейні Сіверського Дінця.

Дискусія (Discussion).

Результати аналізу структури досліджуваних водозборів засвідчують критичний рівень антропогенного тиску на водні об'єкти, за якого лісові екосистеми потерпають від рекреаційної дегресії

(ущільнення ґрунту, витоптування підросту), що нівелює їхню водоохоронну ефективність. Додатковим чинником екологічного ризику для дослідженого регіону є висока щільність забудови, яка спричиняє забруднення водних об'єктів стічними водами та сміттям.

Дослідження виявило критично низький рівень лісистості (3-6%) на шести з чотирнадцяти проаналізованих водозборів. За таких умов стабілізація гідрологічного режиму можлива лише через впровадження комплексної стратегії залісення, базовим елементом якої має стати переведення деградованих і малопродуктивних орних земель у лісовий фонд. Такий підхід є чи не єдиним дієвим механізмом покращення земельної структури усієї України, враховуючи аномально високу (близько 80%) частку ріллі. Сучасне співвідношення орних земель до екологічно стабілізуємих угідь (кормові угіддя та ліси) становить 1 : 0,2 : 0,3 (Земельний довідник України, 2020), що суттєво відхиляється від цільового показника 1 : 0,6 : 1,0 (Бяллович, 1972).

Оптимізація показника лісистості є фундаментальною умовою забезпечення екологічної стійкості природних екосистем та агроландшафтів. Відповідно до Стратегії розвитку лісового господарства до 2035 року (2021), цільовим орієнтиром визначено розширення площі лісів до 18% від загальної території держави. За експертними оцінками, в Україні залісенню підлягає щонайменше 2 млн га малопродуктивних земель (Сайко, 2008). Одним з основних видів малопродуктивних земель є піщані ґрунти, які значною мірою поширені у заплавах річок і на їхніх надзаплавних (борових) терасах. Лісорослинний потенціал цих територій відзначається високою варіабельністю і залежить від вмісту фізичної глини, гумусованості та зволоження ґрунтів (Rasporina, 2023). Профіль алювіальних піщаних ґрунтів доволі часто характеризується шаруватістю, наявністю похованих та озалізненних горизонтів, прошарків важчого гранулометричного складу, що значно підвищує рівень їхньої родючості та лісорослинний потенціал умов місцевиростань. На рис. 1 представлений профіль дернового алювіального ґрунту з чергуванням піщаних і глинисто-піщаних прошарків.



Рис. 1. Алювіальний ґрунт на піщаних відкладах
Fig. 1. Alluvial soil formed on sandy deposits

Лісорозведення потребує системного оцінювання лісопридатності ґрунтів з акцентом на їхню спроможність нагромаджувати вологу, оскільки саме цей параметр здебільшого визначає асортимент лісових видів і життєздатність створених культур у посушливих умовах.

Поділ лісів на категорії захисності регламентує режим лісокористування (правила рубок, відновлення лісу тощо). Враховуючи те, що 99,4% лісів досліджених водозборів мають статус рекреаційно-оздоровчих (див. табл. 2), режим господарювання в них орієнтований насамперед на збереження естетичних властивостей ландшафту та створення умов для відпочинку. Однак, з гідрологічного ракурсу, всі ліси водозбору виконують водоохоронну роль, а не лише ті 0,2%, що віднесено до «захисних». Ігнорування цього факту створює ризики, коли у зонах формування стоку або на ерозійно вразливих ділянках впроваджують заходи, що відповідають рекреаційним цілям, проте мають деструктивний вплив на гідрологічний режим.

Дослідження А.І. Міховича (1973, 1986) є інструментом щодо розуміння диференційованого впливу лісових масивів на водний баланс території залежно від їхнього просторового розташування. Так, ліси привододільних ділянок максимально впливають на переведення поверхневого стоку у внутрішньогрунтовий і поповнення запасів підземних вод, що є стратегічним ресурсом вологи для річок. Ліси на схилах виконують насамперед протиерозійну функцію, зменшуючи на 30-40% поверхневий стік і запобігаючи змиву ґрунту. Заплавні ліси та лісові масиви в низинах і тальвегах балок, завдяки близькому заляганням підземних вод, функціонують як інтенсивні біоасоси. Показники сумарного випаровування на таких ділянках перевищують подібні значення для сільськогосподарських угідь на 120-150% (Міхович, 1986; Ткач, 1999).

Отже, уніфікація статусу лісів як суто рекреаційно-оздоровчих об'єктів є методологічно хибною. Лісові масиви у верхів'ях річок і на вододілах мають критичне значення як джерела формування водного стоку, що вимагає впровадження суворішого охоронного режиму (Горошко та ін., 2022). Натомість ліси заплав мають інший функціональний пріоритет, вони очищують стік, підтримують природний водний баланс та видове різноманіття.

Сучасні екологічні концепції передбачають зміну адміністративно-територіального підходу лісоуправління на басейнову (Ткач, 1999; Олійник, 2008, 2012, 2013; Шпарик та ін., 2014). Межі лісогосподарських підприємств або областей не збігаються з лініями вододілів, що розриває єдину екосистему річки. Басейнова ж концепція управління лісами ґрунтується на визнанні лісових екосистем

ключовим елементом гідрологічного регулювання, що забезпечує стабільність водного режиму річки вздовж усієї її протяжності – від витoku до гирла. До того ж слід зважати на ієрархічну структуру річкової системи. Так, водозбір річки Липець є суббасейном річки Харків, яка своєю чергою впадає в Лопань, що належить до масштабного басейну Сіверського Дінця. Отже, будь-які зміни рівня лісистості на малій річці Липець вплинуть на водний режим р. Харків і далі – за ланцюжком. Саме тому проектування будь-яких лісогосподарських заходів має охоплювати річковий басейн як єдину систему, починаючи від витоків малих приток.

Для оптимізації водного балансу територій, що передбачає мінімізацію втрат ґрунтової вологи на стік та забезпечення потреб лісів у водоспоживанні, вагоме значення має не тільки питома вага лісових насаджень, але й обґрунтований добір асортименту деревних видів і сортів, адаптованих до конкретних лісорослинних умов та цілей лісовирощування. Виконання цих умов, у поєднанні з оптимізацією початкової густоти садіння, є одним із ключових інструментів досягнення цілей лісорозведення (Guo, & Shao, 2013; Ellison et al., 2017; Guo, 2023).

В умовах глобальних кліматичних змін ліс стає ключовим інструментом боротьби з опустелюванням і дефіцитом питної води. У сьогоdnішніх реаліях науковці все частіше акцентують увагу на необхідності переформатування існуючої вуглецево-центричної моделі лісу на парадигму, яка надає перший пріоритет гідрологічній і кліматично-охолоджувальній функціям лісів (Ellison et al., 2017). У межах концепції сталого розвитку депонування вуглецю має залишатися вторинним, хоча й цінним побічним продуктом лісових екосистем.

Висновки (Conclusions).

1. Структура земель водозборів приток середньої течії Сіверського Дінця є вкрай розбалансованою та екологічно нераціональною. Сільськогосподарські угіддя займають до 91% території, а майже половина (43%) досліджених водозборів мають критично низький рівень лісистості (3-6%). Відсутність лісового каркасу робить ці річки незахищеними перед кліматичними змінами та антропогенним тиском.

2. Майже всю площу лісів (99,4%) віднесено до категорії «рекреаційно-оздоровчі», що нівелює їхню водоохоронну роль. Фактично гідрологічна функція лісів нормативно не закріплена, а спеціалізовані захисні ділянки займають менше 1% площі. Режим лісокористування в Україні позбавлений геоморфологічного обґрунтування. Сучасні нормативні документи не враховують специфіку гідрологічної ролі лісових масивів на вододілах і в заплавах, що призводить до уніфікації режиму їхньої експлуатації.

3. Для забезпечення підтримки екологічної стійкості лісових і водних екосистем та ліквідації правової колізії між чинним рекреаційно-оздоровчим статусом лісів та їхньою реальною гідрологічною функцією на водозборах, пропонуємо *впровадити* басейновий принцип управління лісовими ресурсами, що дасть змогу підвищити ефективність системи лісокористування відповідно до ієрархічної структури річкової системи; *ініціювати* перегляд функціонального статусу лісових масивів на вододілах та у верхів'ях річок і доповнити перелік категорій захисності новими категоріями, що потребують специфічного захисту, зокрема, «Ліси витоків річок» та «Протієрозійні ліси на схилах стрімкістю понад 3°», що дасть змогу забезпечити для них особливий режим охорони; *оптимізувати* структуру водозборів шляхом впровадження регіональної програми заліснення деградованої рілля та прибережних смуг з цільовим орієнтиром досягнення рівня лісистості малих водозборів на рівні 15-20%; *запровадити* просторово-диференційований підхід до лісокористування, передбачивши суворий заповідний статус для лісових масивів у зонах формування стоку (верхів'я річок) та регламентоване (обмежене) використання насаджень у транзитних частинах річкової мережі.

Конфлікт інтересів (Conflicts of Interest).

Автори заявляють про відсутність у них відомих конкуруючих фінансових інтересів чи особистих зв'язків, які могли б вплинути на результати, представлені у цій статті.

Список літератури (References)

- Balyuk, S. A., & Tovazhnianskyi, L. L. (Eds.). (2010). *Scientific and applied foundations of soil erosion protection in Ukraine* [Co-authored monograph]. NTU "KhPI".
<https://repo.btu.kharkov.ua/bitstream/123456789/16452/1/> [Балюк, С. А., Товажнянський, Л. Л. (ред.). (2010). *Наукові та прикладні основи захисту ґрунтів від ерозії в Україні*. НТУ «ХПІ». 460 с.] (in Ukrainian)
- Byallovich, Yu. P. (1972). Standards for optimal forest cover in the flat part of the Ukrainian SSR. *Forestry and Agroforestry*, 28, 54–65. [Бяллович, Ю. П. (1972). Нормативы оптимальной лесистости равнинной части УССР. *Лесоводство и агролесомелиорация*, 28, 54–65.] (in Russian)
- Cabinet of Ministers of Ukraine. (2021). *On approval of the Strategy for Forest Management in Ukraine until 2035: Directive No. 1777-r dated December 29, 2021. Official Bulletin of Ukraine*.
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1777-2021-%D1%80#Text> [Кабінет Міністрів України. (2021). *Про схвалення Стратегії управління лісами України до 2035 року: Розпорядження від 29 грудня 2021 р. № 1777-р. Офіційний вісник України.*] (in Ukrainian)
- Creed, I. F., van Noordwijk, M., Archer, E., Claassen, M., Ellison, D., Jones, J. A., ... Wei, X. (2018). Forest, trees and water on a changing planet: How contemporary science can inform policy and practice. In I. F. Creed & M. van Noordwijk (Eds.), *Forest and water on a changing planet: Vulnerability, adaptation and governance opportunities: A global assessment report* (pp. 171–175). *IUFRO World Series*, 38. research.fs.usda.gov/treesearch/56993
- Ellison, D., Morris, C. E., Locatelli, B., Sheil, D., Cohen, J., Murdiyars, D., ... Sullivan, C. A. (2017). Trees, forests and water: Cool insights for a hot world. *Global Environmental Change*, 43, 51–61. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.01.002>
- Goroshko, V. V., Bila, Yu. M., Raspopina, S. P., Didenko, M. M., Gordiyashchenko, A. Yu., & Yukhnovsky, V. Yu. (2022). *Forest plantations in the watersheds of the rivers of the middle flow of the Siverskyi Donets*. Condor. <https://repo.btu.kharkiv.ua/items/0fce8033-16d1-4b27-9f8e-0722cc98d1b1>
- [Горошко, В. В., Біла, Ю. М., Распопіна, С. П., Діденко, М. М., Гордіященко, А. Ю., Юхновський, В. Ю. (2022). *Лісові насадження водозборів річок середньої течії Сіверського Дінця*. Київ: Кондор. 208 с.] (in Ukrainian)
- Grodzinsky, M. D. (1993). *Fundamentals of landscape ecology*. Lybid.
- [Гродзинський, М. Д. (1993). *Основи ландшафтної екології*. Київ: Либідь. 224 с.] (in Ukrainian)
- Guo, Z., & Shao, M. (2013). Impact of afforestation density on soil and water conservation of the semiarid Loess Plateau. *Journal of Soil and Water Conservation*, 68, 401–410. doi.org/10.2489/jswc.68.5.401
- Guo, Z. (2023). Forest restoration, resources sustainable use and high-quality sustainable management. *Global Journal of Ecology*, 8(1), 7–10. <https://doi.org/10.17352/gje.000075>
- Krynytsky, H. T., Cherniavsky, M. V., Derbal, Y. Y., Delehan, I. V., Myklush, S. I., Parpan, V. I., ... Jaloviar, P. (2014). *Close-to-nature and multifunctional forest management in the Carpathian region of Ukraine and Slovakia*. PE "Kolo".
<http://www.forza.org.ua/uk/nablizhene-do-prirodi-ta-bagatofunkcionalne-vedennya-lisovogo-gospodarstva-v-karpatskomu-regioni>
- [Криницький, Г. Т., Чернявський, М. В., Дербаль, Ю. Ю., Делеган, І. В., Миклуш, С. І., Парпан, В. І., ... Яловіар, П. (2014). *Наближене до природи та багатofункціональне ведення лісового господарства в Карпатському регіоні України та Словаччини*. Ужгород: ПП «Коло». 278 с.] (in Ukrainian)
- Land handbook of Ukraine. (2020). [agropolit.com/spetsproekty/705-zemelniy-dovidnik-ukrayini--baza-danih-pro-zemelniy-fond-](https://agropolit.com/spetsproekty/705-zemelniy-dovidnik-ukrayini--baza-danih-pro-zemelniy-fond)

- krayini [Земельний довідник України. (2020).] (in Ukrainian)
- Li, F., Zhang, G., Li, H., & Lu, W. (2019). Land use change impacts on hydrology in the Nenjiang River Basin, Northeast China. *Forests*, 10(6), 476. <https://doi.org/10.3390/f10060476>
- Mikhovich, A. I. (1973). On the establishment of standards for water protection forest cover in the territory of the Ukrainian SSR and the Moldavian SSR. *Forestry and Forest Melioration*, 33, 3–12. [Михович, А. И. (1973). К установлению нормативов водоохранной лесистости территории Украинской ССР и Молдавской ССР. *Лесоводство и агролесомелиорация*, 33, 3–12.] (in Russian)
- Mikhovich, A. G. (1986). *Water protection forest plantations*. Urozhay. [Михович, А. Г. (1986). *Водоохоронні лісонасадження*. Київ: Урожай. 142 с.] (in Ukrainian)
- Oliynyk, V. S. (2008). *Flood control and protective role of mountain forests of Ukrainian Carpathians, its anthropogenic changes and ways of optimization* (Abstract of Doctor habilitated dissertation in agricultural sciences). Ukrainian National Forestry University. academic.info.ua/document/0508U000690#!
- [Олійник, В. С. (2008). *Водоохоронно-захисна роль гірських лісів Українських Карпат, її антропогенні зміни та шляхи оптимізації: автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук: 06.03.03*. Львів: Національний лісотехнічний університет України.] (in Ukrainian)
- Oliynyk, V. S. (2012). The main factors of formation of water regime of mountain forests of the Carpathians. *Forestry and Agroforestry*, 120, 12–17. <https://journals.indexcopernicus.com/api/file/view/ByFileId/146377>
- [Олійник, В. С. (2012). Основні чинники формування водного режиму гірських лісів Карпат. *Лісівництво і агролісомеліорація*, 120, 12–17.] (in Ukrainian)
- Oliynyk, V. S. (2013). *Hydrological role of forests of the Ukrainian Carpathians*. NAIR. [Олійник, В. С. (2013). *Гідрологічна роль лісів Українських Карпат*. Івано-Франківськ: НАІР. 232 с.] (in Ukrainian)
- Oliynyk, V. S. (2014). Discussion issues of forest hydrology. *Hydrology, Hydrochemistry and Hydroecology*, 3(34), 8–15. [Олійник, В. С. (2014). Дискусійні питання лісової гідрології. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*, 3(34), 8–15.] (in Ukrainian)
- Raspopina, S. P. (2023). Methodology for determining the suitability of soils for afforestation in the plain part of Ukraine. *Man and Environment. Issues of Neoeology*, 39, 27–38. <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2023-39-03>
- Rodrigues, C. B., Taniwaki, R. H., Lane, P., Lima, W. de P., & Ferraz, S. F. de B. (2019). Eucalyptus short-rotation management effects on nutrient and sediments in subtropical streams. *Forests*, 10(6), 519. <https://doi.org/10.3390/f10060519>
- Roy, S. (2023). Transportation infrastructure and road surface hydrology. In *Disturbing geomorphology by transportation infrastructure*. *Earth and Environmental Sciences Library*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-37897-3_5
- Saiko, V. F. (2008). Agriculture in the context of climate change. *Collection of Scientific Works of the National Scientific Center "Institute of Agriculture of NAAS," Special issue*, 3–14. http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpzeml_2008_Spets
- [Сайко, В. Ф. (2008). Землеробство в контексті змін клімату. *Збірник наукових праць ННЦ "Інститут землеробства УАН"*, спецвипуск, 3–14.] (in Ukrainian)
- Shparyk, Yu. S., Parpan, V. I., & Tokar, V. I. (2014). The methodology on catchment basins identification for the forest management in the Ukrainian Carpathians. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 24(9), 14–21. http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnlut_2014_24
- [Шпарик, Ю. С., Парпан, В. І., Токар, В. І. (2014). Методологія виділення водозборів для ведення лісового господарства в Українських Карпатах. *Науковий вісник НЛТУ України*, 24(9), 14–21.] (in Ukrainian)
- Tkach, V. P. (1999). *Floodplain forests of Ukraine*. Pravo. [Ткач, В. П. (1999). *Заплавні ліси України*. Харків: Право. 367 с.] (in Ukrainian)
- Tomer, M. D., James, D. E., & Isenhardt, T. M. (2003). Optimizing the placement of riparian practices in a watershed using terrain analysis. *Journal of Soil and Water Conservation*, 58(4), 198–206. <https://doi.org/10.1080/00224561.2003.12457527>
- Verkhovna Rada of Ukraine. (2007). *On approval of the Procedure for dividing forests into categories and allocating special features of protective forest territories: Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 733 of May 16, 2007 (as amended)*. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/733-2007-%D0%BF#Text>
- [Верховна Рада України. (2007). *Про затвердження Порядку поділу лісів на категорії та виділення особливо захисних лісових ділянок: Постанова Кабінету Міністрів України від 16 травня 2007 р. № 733. Відомості Верховної Ради України*.] (in Ukrainian)
- Verkhovna Rada of Ukraine. (1995). *Water Code of Ukraine No. 213/95-VR of June 6, 1995. Bulletin of the Verkhovna Rada of Ukraine*, 24, art. 189. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-%D0%B2%D1%80> [Водний кодекс України № 213/95-ВР. (1995). *Відомості Верховної Ради України*, 24, ст. 189.] (in Ukrainian)

Widiyatno, W., & Asdak, C. (2023). Sustainable forest management from hydrology and climate change mitigation perspectives. *Jurnal Ilmu Kehutanan*, 17(1), 1–10. doi.org/10.22146/jik.v17i1.6904

Watersheds of the Tributaries in the Middle Reaches of the Siverskyi Donets River: Environmental Stability, Legal Regulation, and Optimization of Forest Management

V. Goroshko¹, S. Raspopina², Y. Belay³, M. Didenko⁴

One of the determining factors that shapes the features of land use, environmental safety, and sustainable regional development is the structure of river watersheds. This paper presents the results of a comprehensive study of the watershed structure of tributaries in the middle reaches of the Siverskyi Donets River – the main water artery of eastern Ukraine, with particular emphasis on Kharkiv region.

The object of the study is the watersheds of small and medium-sized rivers that are tributaries of the Siversky Donets River. This area is characterized by a complex geological structure and a highly dissected relief, which creates favorable conditions for the intensive development of erosion processes. During watershed classification, a hydrological approach based on distribution of rivers by orders was applied.

The study was conducted through a comprehensive analysis of cartographic materials, land cadastre data, and forest management records. The main stages of the study included an assessment of land-use structure, actual forest cover of the watersheds, their grouping according to the classification of M. Grodzynskyi, as well as an analysis of forest distribution by protection categories.

The analysis of land-use structure within the watersheds of tributaries in the middle reaches of the Siversky Donets River revealed a critical imbalance in land use across the study area. Agricultural land (arable land) occupies the largest share, averaging 75%, while forest cover accounts for only 13%, indicating a threatening ecological situation. More than one-third of the studied watersheds fall into the category of nearly treeless, while half of them belong to sparsely forested areas. The absence of a forest framework renders these

river systems highly vulnerable to climate change and anthropogenic pressure. Nearly all forests (99.4%) are classified under the “recreational and health-improving” protection category, which diminishes their water-conservation function and leads to a uniform exploitation regime. In practice, the hydrological function of forests is not formally established in regulations.

To ensure ecological stability of forest and aquatic ecosystems, optimize water use, and resolve the legal conflict between the current recreational-protective status of the forests and their actual hydrological role within watersheds, the following measures are proposed: implementation of a basin-based principle of forest resource management; initiating a review of the functional status of forest stands located on watersheds and in river headwaters and introducing new categories to the list of protection categories, in particular, “Forests of River Headwaters” and “Anti-erosion Forests on Slopes Steeper than 3°,” which require specific protection regimes; optimization of land-use structure through the implementation of a regional program for afforestation of degraded arable lands and riparian zones, with the goal of increasing forest cover of small watersheds to 15–20%; and the adoption of a spatially differentiated approach to forest management, providing strict conservation status for forest areas in runoff formation zones (river headwaters) and regulated (restricted) use in the transit sections of the river networks.

Key words: watershed; land-use structure; water resources; forest cover; forest protection categories; basin-based management principle.

¹ Vitalii Goroshko – PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor at the Department of Forestry and Hunting, State University of Biotechnology, 44 Alchevskyh St., Kharkiv, 61002, Ukraine. E-mail: lesovodhnau@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8186-6214>

² Svitlana Raspopina – Full Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Doctor Habil. (Agricultural Sciences), the G.M. Vysotsky Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration, 86 Hryhoriy Skovoroda St., Kharkiv, 61024, Ukraine. Associate Professor at the Department of Forest Plantations, Land Reclamation, Landscape Architecture and Park Management; State Biotechnological University, 44 Alchevskyh St., Kharkiv, 61002, Ukraine. E-mail: s_raspopina@ukr.net ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1880-9364>

³ Yulia Belay – PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor at the Department of Forest Plantations, Land Reclamation, Landscape Architecture and Park Management. State University of Biotechnology, 44 Alchevskyh St., Kharkiv, 61002, Ukraine. E-mail: belay_1980@ukr.net ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1446-8168>

⁴ Maksim Didenko – PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor at the Department of Forest Plantations, Land Reclamation, Landscape Architecture and Park Management. State University of Biotechnology, 44 Alchevskyh St., Kharkiv, 61002, Ukraine. E-mail: didenko_maxim@ukr.net ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1880-9364>



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

<http://fasu.nltu.edu.ua>
<https://doi.org/10.36930/412521>
Article received 2025.05.02
Article revised 2025.11.13
Article accepted 2025.11.20
Article published 2026.03.12

ISSN 1991-606X print
ISSN 2616-5015 online
@ ✉ Correspondence author
Vasyl Debryniuk
v.debryniuk@nltu.edu.ua
103 General Chuprynka st.,
Lviv, 79057, Ukraine

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 (CC BY 4.0) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)



УДК 630*228.81 : 630*231

Оцінка природного поновлення у пралісових угрупованнях *Picea abies* (L.) Karst. НПП «Верховинський»

В.Ю. Дебринюк¹, Л.Ф. Мацап'як², М.М. Нечай³, І.І. Коляджин⁴, В.В. Лавний⁵

Встановлено, що незважаючи на негативний вплив низки абіотичних чинників, зокрема зміни клімату, під наметом пралісових смерекових лісостанів НПП «Верховинський» в умовах відсутності безпосереднього антропогенного впливу відбувається інтенсивний процес природного поновлення *Picea abies* (L.) Karst., що свідчить про саморегульованість пралісових екосистем як еталонних природних об'єктів.

Тенденція щодо кількості підросту зі зміною фази розвитку деревостану прослідковується слабо: 2,74-11,62; 8,28; 3,70-11,22 тис. шт./га. Основна причина значної варіабельності кількості

¹ Дебринюк Василь Юрійович – аспірант кафедри лісівництва. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. E-mail: v.debryniuk@nltu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-3522-2652>. Науковий керівник – доктор сільськогосподарських наук, професор Лавний Василь Володимирович

² Мацап'як Людмила Федорівна – начальник науково-дослідного відділу НПП «Верховинський», с. Верхній Ясенів Верховинського району Івано-Франківської області, 78712, Україна. E-mail: nppverhovuna@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-8624-3325>

³ Нечай Михайло Михайлович – директор Національного природного парку «Верховинський», с. Верхній Ясенів Верховинського району Івано-Франківської області, 78712, Україна. E-mail: nppverhovuna@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-4479-2307>

⁴ Коляджин Іван Ігорович – фахівець з цивільного захисту, інженер з метрології Комунального некомерційного підприємства «Верховинська багатoproфільна лікарня» Верховинської селищної ради, с. Верховина Івано-Франківської області, 78701, Україна. E-mail: ivan_ko@i.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6790-7051>

⁵ 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>. Керівник наукового проекту з дослідження пралісів.

підросту на ділянках полягає у різній інтенсивності розвитку трав'яного вкриття. Як і самосів, підріст в основному зосереджений на лежачих стовбурах IV стадії розкладання і від обсягу останніх значною мірою залежить успішність проходження процесу природного поновлення.

Відносна частка зміни висотних груп підросту зі зміною фаз розвитку лісостанів прослідковується доволі чітко. Для деревостанів, що перебувають в оптимальній фазі розвитку, частка дрібного підросту становить 82-96%; для деревостану у фазі старіння вона децю менша (78%); для деревостанів у фазі розпаду ця частка найменша (50-60%). Зворотна тенденція притаманна зміні частки середнього підросту – від 3 до 32% та великого – від 1 до 20%.

Зіставлення структури підросту за висотними групами чітко засвідчує, що деревостани у фазі пристигання характеризуються домінуванням дрібного підросту, тоді як у фазі розпаду спостерігається доволі збалансований розподіл усіх висотних груп за суттєвого збільшення частки середнього та великого підросту.

Поряд з підростом *Picea abies*, під наметом смерекових пралісів трапляється підріст *Sorbus aucuparia* L., кількість якого відзначається значною варіабельністю – від 0,5 до 4,3 тис. шт./га. Причини такої варіабельності можуть полягати у специфіці екологічної ролі деревного виду, у стратегії його поширення, в особливостях мікрорельєфу пробних площ тощо.

Стан підросту доволі добрий, частка пошкоджень незначна: механічні – для підросту ялини і горобини становлять, відповідно, 2,1-9,6 та 1,9-10,9%, пошкодження дичиною – 0,5-6,6% та близько 3%.

Ключові слова: *деревостан; фази розвитку; мертва лежача деревина; самосів; підріст; висотні групи; трав'яне вкриття.*

Вступ (Introduction).

У теперішній час практично не існує лісових територій, які б повністю уникли опосередкованого впливу людської діяльності, зокрема через надходження забруднювальних речовин з атмосфери. Попри це, в гірських районах Східної та Південно-Східної Європи все ще трапляються окремі ділянки, де лісові екосистеми не зазнали інтенсивного господарського втручання, насамперед шляхом застосування різних способів рубок (Манько, Войтків, Наконечний, 2019). У таких первісних лісах, що сформувалися в умовах складної орографії та різних кліматичних режимів, безперервно відбуваються філоценогенетичні процеси, які забезпечують високий еволюційний потенціал лісових біогеоценозів. З огляду на це, старовікові ліси та праліси, залишки яких ще збереглися в Європі, розглядають як модельні природні системи, важливі для підтримання біологічного, фітоценотичного та ландшафтного різноманіття (Сухарюк, 2006). У зв'язку з ризиком їхнього зникнення, питання охорони таких лісів набуває ваги екологічного виклику загальноєвропейського рівня (Стойко, 2013).

Праліси представляють собою екосистеми, що виникли у результаті спонтанного філоценогенезу, де взаємодія між автотрофним і гетеротрофним компонентами та ґрунтовим середовищем не порушена (Стойко, 2002). Такі первісні ліси характеризуються повнотою вікової структури – від молодих до найстаріших поколінь – і демонструють природні етапи

розвитку. У цьому контексті праліс є стабільною, самовідновною екосистемою з відпрацьованими механізмами біотичної стійкості.

Станом на 2020 р. в Україні ідентифіковано близько 97 тис. га пралісів, квазіпралісів та інших природних лісів, з яких майже 50 тис. га становлять власне праліси. Найбільші їхні масиви розташовані у Закарпатській (63 тис. га) та Івано-Франківській (21 тис. га) областях (Шпарик, Лосюк, Плига, 2021). Праліси відіграють ключову роль у збереженні біорізноманіття, забезпеченні екологічної рівноваги в біосфері та підтриманні еволюційних процесів (Стойко, 2013). Вони також мають виняткове значення як природні моделі для відновлення трансформованих лісових угруповань і є концептуально важливими для формування сталого лісового господарства. Для підвищення стійкості екосистем та збалансованого використання лісових ресурсів необхідно орієнтуватися на принципи наближеного до природи лісівництва (Стойко, 2002).

Найкраще вивченими у Карпатському регіоні є букові праліси, що займають порівняно великі площі в Українських Карпатах та включені до переліку об'єктів світової природної спадщини ЮНЕСКО (Чернявський, 1999; Парпан, Стойко, 1999; Commarmot, Namor, 2005; Гамор та ін., 2008; Стойко, 2013 та ін.).

Для збереження пралісових екосистем в Україні необхідне запровадження низки заходів як на регіональному, так і на державному і міжнарод-

ному рівнях. Це, насамперед, розроблення національної програми з охорони біорізноманіття; регулярний моніторинг динаміки пралісових угруповань і впливу на їхній стан кліматичних змін; активізація наукових досліджень у пралісах; налагодження тісної співпраці між природоохоронними й науковими установами в Україні та за кордоном (Лавний, 2008). Реалізація цих заходів може суттєво зменшити ризики деградації пралісів під впливом природних та антропогенних чинників.

Основою відновлення та безперервного функціонування пралісових угруповань є інтенсивність проходження процесу природного поновлення в них. Саме природне поновлення забезпечує формування нових поколінь деревних порід і є фундаментальною передумовою довготривалого існування пралісів як складних природних екосистем. Цей процес залежить від багатьох чинників, серед яких важливу роль відіграють насінна продуктивність деревостанів, умови освітлення під наметом лісу, мікрокліматичні особливості середовища, властивості ґрунту, рівень зволоження, а також конкуренція між рослинами різних ярусів. Не менш важливими є й біотичні взаємодії, зокрема вплив трав'яного покриву, підліску, ґрунтових мікроорганізмів та фауни, які можуть як сприяти, так і обмежувати процеси появи та росту самосіву і підросту деревних видів.

Завдяки природному поновленню відбувається збереження генетичних ресурсів того чи іншого деревного виду, що сприяє підтриманню високого рівня генетичного різноманіття популяцій. Це, своєю чергою, підвищує їхній адаптивний потенціал до змін умов навколишнього середовища, включаючи кліматичні зміни, вплив шкідників і хвороб, а також інші екологічні фактори. Збереження природної генетичної структури популяцій має важливе значення для довготривалої еволюційної стабільності пралісових угруповань та їхньої здатності підтримувати природні процеси самовідновлення без втручання людини.

У зв'язку із зазначеним вище, *актуальність питання* є доволі високою з погляду вивчення інтенсивності проходження процесів природного поновлення у пралісових угрупованнях, які перебувають у різних фазах розвитку. Дослідження цих процесів дає змогу глибше зрозуміти закономірності формування і динаміки природних лісових екосистем, а також оцінити їхній потенціал до природного відновлення. Отримані результати можуть бути важливими не лише для теоретичних лісівничих досліджень, але й для практики наближеного до природи лісівництва, розроблення підходів до збереження пралісів та раціонального використання їхнього природного потенціалу.

Саме у пралісових угрупованнях, сформованих ялиною європейською (смерекою) (*Picea*

abies (L.) Karst.), здійснено дослідження інтенсивності проходження процесів природного поновлення з урахуванням різних фаз розвитку пралісу та впливу на пралісові угруповання умов навколишнього природного середовища. Детальну лісівничо-таксаційну характеристику досліджуваних смерекових пралісів подано у нашій попередній роботі (Дебрінюк та ін., 2025).

Мета роботи полягала в обліку підросту за деревними видами та висотними групами у смерекових пралісах для встановлення інтенсивності проходження процесу природного поновлення під наметом пралісових смерекових лісостанів, які перебувають у різних фазах розвитку і формувались під дією природних чинників за відсутності антропогенного впливу.

Об'єкти і методика дослідження (Objects and methods).

Об'єкт дослідження – процеси природного поновлення у смерекових пралісах, які перебувають у різних фазах розвитку. *Предмет дослідження* – кількість, видовий склад і стан підросту під наметом смерекових пралісів.

Об'єкти досліджень знаходяться на території лісового фонду Національного природного парку «Верховинський», а саме, на території двох природоохоронних науково-дослідних відділень (ПНДВ) – Буркутського і Чивчинського. Лісовий фонд цих відділень є одним із найвіддаленіших в Українських Карпатах, займаючи важкопрохідні і транспортно-недоступні ділянки.

Методика проведення лісівничо-таксаційних досліджень загальноприйнята для лісівництва та лісової таксації (Миклуш та ін., 2022; Площі пробні..., 2006).

Для вивчення процесу природного поновлення під наметом смерекового лісостану вибирали ділянку, яка якнайповніше відображала певну фазу розвитку пралісу. Для встановлення фази розвитку пралісового угруповання використовували методичні підходи Г. Ляйбундгута (Leibudgut, 1993), який наголошував на мозаїчності структури пралісу, що складається одночасно з низки структурних частин, які перебувають у різних фазах циклічного розвитку.

Під час закладання пробних площ використано експериментальні напрацювання Інституту лісу, снігу і ландшафтів (Бірменсдорф, Швейцарія), згідно з якими їхній розмір становить $71,2 \times 71,2$ м (5069 м²). Пробні площі такого розміру рекомендовано використовувати, насамперед, для дослідження процесу природного поновлення у пралісових угрупованнях. Межі пробної площі по периметру позначено білою фарбою, а саму пробну площу поділено на квадрати розміром $12,8 \times 12,8$ м (всього 16 шт.), кути яких стали центром облікових площадок. Від краю проби здійснено відступ в 10 м (рис. 1).

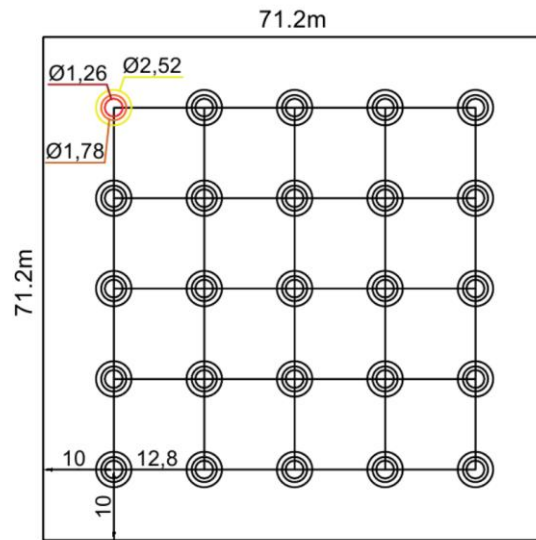


Рис. 1. Схема закладання облікових площадок і кругових проб на пробній площі
Fig. 1. The layout of the tally areas and circular plots in the sampling area

На кожній обліковій площадці закладали по три кругових проби (всього 75 шт. на пробній площі), серед яких 25 кругових проб мали площу по 5 м², 25 кругових проб – по 10 м² і ще 25 кругових проб – по 20 м². Радіус кругових проб майже в усіх випадках уточнювали, оскільки вони знаходились переважно на схилах, які характеризувались різною стрімкістю.

Під час закладання облікових площадок від кожної сторони пробної площі відступали по 10 м. З цього місця починали закладання площадок 12,8 × 12,8 м, кути яких слугували центром кругових проб. Радіус першої кругової проби становив 1,26 м (без поправки на схил), другої – 1,78 м, третьої – 2,52 м. На першій круговій пробі обліковували весь підріст заввишки 10-39 см, на другій – заввишки 40-129 см, на третій – 130 см і більше. На третій круговій пробі підріст обліковували за діаметром на висоті 1,3 м з внесенням його до однієї із шести груп: 1) до 0,9 см; 2) 1-1,9 см; 3) 2-2,9 см; 4) 3-3,9 см; 5) 4-4,9 см; 6) 5-5,9 см. За ступенем пошкодження підріст поділяли на три групи: 1) без пошкоджень; 2) з механічними пошкодженнями; 3) пошкоджені дичиною. Дані вносили в облікову відомість.

Усі досліджені смерекові природні лісостани чисті за складом та утворені аборигенним видом – *Picea abies*, що є характерною особливістю вологих високогірних чистих суслеречин (С₃-См). Досліджені смерекові праліси відзначаються значною різновіковістю, що ускладнює встановлення їхнього віку. Тому вік деревостанів приймали за даними лісовпорядкування станом на 2019 рік, хоча він встановлений доволі наближено.

Під час закладання пробних площ визначали їхні координати за чотирма точками (по кутах квадрату). Характеристику досліджених ділянок смерекових пралісів наведено в табл. 1.

Для оцінювання успішності природного поновлення у смерекових пралісах використано діючі «Нормативи інвентаризації та атестації лісових культур та природного поновлення» (Інструкція..., 2010). При цьому, якщо кількість підросту *Picea abies* на 1 га становила 12,1 тис. шт.·га⁻¹ і більше, стан природного поновлення оцінювали як добрий (1 клас якості); 8,1-12,0 тис. шт.·га⁻¹ – добрий (2 клас якості); 6,1-8,0 тис. шт.·га⁻¹ – задовільний (3 клас якості); 6,0 тис. шт.·га⁻¹ і менше – незадовільний стан.

Всього у смерекових пралісах НПП «Верховинський» було закладено шість пробних площ по 5069 м² кожна. В їхніх межах було закладено 150 облікових площадок (по 25 на кожній пробній площі) для обліку підросту під наметом смерекових пралісів. Окрім цього, для безпосереднього обліку підросту за висотними групами було закладено 450 кругових проб (по три в межах кожної облікової площадки).

Результати (Results).

У всіх шести досліджених смерекових пралісах деревостани характеризуються наявністю дерев різних вікових груп, значною їхньою мінілівістю за діаметром, наявністю лежачої деревини усіх стадій розкладання, присутністю дерев на межі фізіологічного розвитку та сухостійних дерев різної висоти і діаметра. Досліджені лісостани віднесені до формації ялини європейської (*Piceetae abietea*) субформації чистих ялинових лісів (*Piceeta*) (Голубець, 1978). Лісівничо-таксаційна характеристика досліджуваних смерекових пралісів представлена в табл. 2.

Отже, досліджені старовікові лісостани розташовані в діапазоні висот 1404-1502 м н.р.м., ростуть переважно в умовах вологої високогірної суслеречини і мають в основному двоярусну будову. Запас стовбурової деревини доволі високий – від 403 до

695 м³·га⁻¹, в т.ч. сухостою – від 32 до 117 м³·га⁻¹. Частка сухостою у досліджених деревостанах змінюється в значних межах – від 5,2 до 24,3%. При цьому, як загальний запас деревостану, так і частка сухос-

тою в ньому залежать від фази розвитку смерекового пралісу. Найменші запаси ростучої частини деревостану і найбільші – сухостою притаманні лісостанам, які знаходяться у фазі розпаду.

Таблиця 1. Характеристика досліджених ділянок смерекових пралісів
Table 1. Characteristics of the study areas of primeval spruce forests

Характеристики	№ пробної площі					
	6	9	11	8	7	10
Природні смерекові лісостани характеризуються присутністю дерев різних вікових груп, значною мінливістю дерев за діаметром, наявністю дерев на межі фізіологічного розвитку, лежачої деревини усіх стадій розкладання, насамперед III і IV стадій.						
Загальна характеристика, місцезнаходження та координати	Буркутське ПНДВ, ур. Лостун, кв. 23, вид. 22; Пд-3х схил 22°; (т. №1: N 47°50.649' E 024°46.417'; т. №2: N 47°50.635' E 024°46.367'; т. №3: N 47°50.671' E 024°46.346'; т. №4: N 47°50.684' E 024°46.391')	Буркутське ПНДВ, ур. Попада, кв. 20, вид. 9; Пн-3х схил 20°; (т. №1: N 47°51.413' E 024°44.767'; т. №2: N 47°51.431' E 024°44.723'; т. №3: N 47°51.461' E 024°44.750'; т. №4: N 47°51.445' E 024°44.799')	Буркутське ПНДВ, ур. Попада, кв. 20, вид. 9; Пн-3х схил 24°, на окремих ділянках – 30°; т. №1: N 47°51.610' E 024°44.944'; т. №2: N 47°51.631' E 024°44.908'; т. №3: N 47°51.599' E 024°44.869'; т. №4: N 47°51.589' E 024°44.915'	Буркутське ПНДВ, ур. Брюсний, кв. 21, вид. 10; Пн-3х схил 20°; (т. №1: N 47°50.836' E 024°45.099'; т. №2: N 47°50.827' E 024°45.056'; т. №3: N 47°50.860' E 024°45.0278'; т. №4: N 47°50.877' E 024°45.083')	Чивчинське ПНДВ, ур. Лостун, кв. 11, вид. 3; Пд-Сх схил 16°; (т. №1: N 47°51.030' E 024°47.674'; т. №2: N 47°51.058' E 024°47.717'; т. №3: N 47°51.015' E 024°47.748'; т. №4: N 47°50.995' E 024°47.700')	Буркутське ПНДВ, ур. Попада, кв. 20, вид. 9; Пн-3х схил 22°; (т. №1: N 47°51.487' E 024°44.821'; т. №2: N 47°51.492' E 024°44.763'; т. №3: N 47°51.528' E 024°44.768'; т. №4: N 47°51.527' E 024°44.817')
	Площа лісостану, форма і розташування					
	20,0 га; форма ділянки неправильна, наближена до прямокутної.	14,5 га; лісостан є частиною ялинового пралісу, до складу якого входять також вид. 23 пл. 3,4 га (кв. 20) та вид. 18 пл. 2,9 га (кв. 15). Форма ділянки – витягнутий прямокутник.	14,5 га; лісостан є частиною ялинового пралісу, який складається з вид. 23 пл. 3,4 га (кв. 20) та вид. 18 пл. 2,9 га (кв. 15) загальною площею 20,8 га. Форма ділянки – витягнутий прямокутник	5,1 га; лісостан є частиною ялинового пралісу, який складається з трьох виділів – 9, 10 і 14 загальною площею 19,5 га. Форма ділянки – витягнутий прямокутник.	20,0 га; форма ділянки наближена до трикутної.	14,5 га; лісостан є частиною ялинового пралісу, який складається з вид. 23 пл. 3,4 га (кв. 20) та вид. 18 пл. 2,9 га (кв. 15) загальною площею 20,8 га. Форма ділянки – витягнутий прямокутник.
	Висота н.р.м., м	1496	1402	1411	1462	1502
	Антропогенний вплив	Сліди господарської діяльності, сліди рубок, випасання худоби, заготівлі недеревної продукції лісу, наявність туристичних стежок, сліди від багать, влаштування наметів, проїзду транспортних засобів тощо повністю відсутні. Також відсутня задокументована інформація щодо наявності колишньої лісоексплуатаційної інфраструктури та ведення господарської діяльності в минулому.				

Таблиця 2. Лісівничо-таксаційна характеристика деревостанів *Picea abies* у пралісових угрупованнях НПП «Верховинський»Table 2. Forest-mensuration characteristics of *Picea abies* (L.) Karst. stands in primeval forest communities of the Verkhovyna National Nature Park

N, шт./га		H, м		D, см		G, м ² ·га ⁻¹		M, м ³ ·га ⁻¹	
ростучі	сухі	ростучі	сухі	ростучі	сухі	ростучі	сухі	ростучі	сухі
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ПП №6; Буркутське ПНДВ; кв. 23, вид. 22; 170 р.; 10См; С ₃ -См; 1496 м н.р.м.									
І ярус									
298	10	25,8	25,9	42,4	40,8	42,08	1,31	456	17
ІІ ярус									
132	95	19,3	16,3	24,1	18,9	6,02	2,67	58	23
ПП №9; Буркутське ПНДВ; кв. 20, вид. 9; 120 р.; 10См; С ₃ -См; 1402 м н.р.м.									
І ярус									
302	26	29,8	28,4	42,6	35,5	43,04	2,57	539	31
ІІ ярус									
63	45	19,8	18,0	22,1	19,5	2,42	1,35	27	14
ПП №11; Буркутське ПНДВ; кв. 20, вид. 9; 120 р.; 10См; С ₄ -См; 1411 м н.р.м.									
І ярус									
253	8	32,1	33,1	45,8	50,7	41,67	1,62	564	22
ІІ ярус									
51	24	22,2	22,1	22,1	20,5	1,96	0,79	25	10
ПП №8; Буркутське ПНДВ; кв. 21, вид. 10; 150 р.; 10См; С ₃ -См; 1462 м н.р.м.									
І ярус									
215	13	29,9	27,7	45,1	38,0	34,36	1,47	428	19
ІІ ярус									
39	71	22,4	18,1	24,0	17,8	1,76	1,77	21	20
ПП №7; Чивчинське ПНДВ; кв. 11, вид. 3; 180 р.; 10См; С ₃ -См; 1502 м н.р.м.									
І ярус									
146	45	27,4	26,5	45,5	42,9	23,74	6,50	273	74
ІІ ярус									
87	83	19,4	18,1	20,0	17,9	2,73	2,09	32	24
ПП №10; Буркутське ПНДВ; кв. 20, вид. 9; 120 р.; 10См; С ₃ -См; 1404 м н.р.м.									
І ярус									
254	51	32,2	31,3	46,0	44,0	42,21	7,76	570	108
ІІ ярус									
4	18	26,2	22,9	26,5	22,4	0,22	0,71	3	8
ІІІ ярус									
89	4	12,8	17,3	9,6	16,0	0,64	0,08	5	1

Різні фази розвитку пралісових лісостанів відображаються, насамперед, на зімкнутості намету деревостанів, що своєю чергою зумовлює різну інтенсивність освітлення поверхні лісових ділянок. Останнє виявляє значний вплив на інтенсивність проходження процесу природного поновлення.

Так, ділянки деревостанів, у межах яких закладено **пробні площі №6, №9 та №11**, характеризуються *оптимальною фазою розвитку пралісового угруповання (фаза зрілості)*, за якої лісостан досягає свого оптимального віку і максимальної продуктивності (554-621 м³·га⁻¹). За Leibudgut (1993), досліджувані ділянки представлені *пізньою оптимальною фазою розвитку*, яка характеризується найвищою зімкнутістю намету деревостану, що зумовлює недостатнє проникнення

світла до поверхні ґрунту і гальмування лісовідновних процесів. Для деревостанів характерна невелика частка сухостою (32-45 м³·га⁻¹ або 5,2-7,4%), який представлений переважно дрібними деревами другого ярусу. Сухостійних дерев великої товщини небагато. Відмирання дерев зумовлює покращення світлового режиму, що активізує процес природного поновлення у вікнах і прогалинах, які формуються в осередках всохлих дерев. У досліджених деревостанах, з одного боку, дерева досягають найбільших висоти і діаметра, нагромаджують максимальний запас деревини, а з іншого – починається процес формування мертвої деревини у вигляді сухостою.

Самосів на досліджуваних ділянках зосереджений переважно на повалених стовбурах IV ступеня розкладання. Безпосередньо на поверхні

грунту самосіву порівняно мало, насамперед через розвиток трав'яного вкриття. Методикою не передбачено обліку самосіву у зв'язку з невисокою часткою його виживання.

Під наметом деревостанів виявлено лише самосів ялини, який розташований дуже нерівномірно. Стан його задовільний, пошкодження дикими тваринами не виявлено. Самосів розташований окремими локалітетами – як у добре освітлених, так і в затінених місцях по не задернілих прогалинах (рис. 2). Найбільшу його кількість спостережено на повалених стовбурах IV стадії розкладання. За візуальною оцінкою, кількість його змінюється від 1,0 (ПП №6) до 6-8 (ПП № 11) тис. шт. на 1 га.



Рис. 2. Самосів *Picea abies* на прогалині під наметом смерекового пралісу в оптимальній фазі розвитку на ПП №6 (Буркутське ПНДВ; кв. 23, вид. 22; 554 м³·га⁻¹)

Fig. 2. *Picea abies* self-seeding in a clearing under the canopy gap of a primeval spruce forest in the optimum developmental phase at Sample Plot No. 6 (the Burkut Nature Research Department; compartment 23, subcompartment 22; 554 m³·ha⁻¹)

На ділянці переважає підріст заввишки 10-39 см (2640 шт./га), що становить 96,4% від його загальної кількості. Підріст заввишки 130 см і більше практично відсутній (табл. 4).

Розташування підросту дуже нерівномірне. Встановлені нами пікети (25 шт.) для обліку підросту на пробній площі за круговими пробами у переважній більшості випадків потрапляли за межі осередків природного поновлення. Основна причина незадовільного стану природного поновлення – недостатня освітленість внаслідок високої зімкнутості ялинових крон. Підріст (переважно дрібний) представлений ялиною європейською за повної відсутності підросту або навіть самосіву горобини звичайної.

На двох інших ділянках кількість підросту більша. Так, на ПП №9 підросту ялини обліковано

Кількість підросту під наметом досліджених деревостанів відзначається значною варіабельністю, хоча ділянки представлені подібними фазами розвитку лісостану. Підріст під наметом деревостанів розташований локально і зосереджений в основному на мертвій лежачій деревині IV ступеня розкладання. Найменше його на ПП №6 внаслідок високої горизонтальної та вертикальної зімкнутості намету, наявності невеликої кількості вікон і прогалин. В окремих локалітетах зосереджена значна кількість підросту, але на більшій частині площі він відсутній. Загальна кількість підросту за обліковими площадками становить лише 2740 шт. на 1 га (табл. 3).

в кількості 11620, горобини – 3060 шт./га, що є доволі високим показником (І клас якості) з урахуванням фази розвитку старовікового лісостану. Кількість підросту ялини за висотними групами становить: 10-39 см – 10000, 40-129 см – 1080, більше 130 см – 480 шт. на 1 га. Частка підросту за цими групами складає, відповідно, 86,1; 9,3 та 4,6%. Більша частка ялинового підросту відноситься до дрібного.

Дещо інший розподіл за висотними групами спостережено для підросту горобини: 10-39 см – 1520, 40-129 см – 920, більше 130 см – 620 шт. на 1 га. Частка підросту при цьому становить, відповідно, 49,7; 30,1 та 20,2%. Отже, на відміну від ялинового, підріст горобини розподілений за висотними групами доволі рівномірно. Склад підросту – 8Яле2Гор.

Таблиця 3. Кількість підросту на облікових площадках кругових проб (№1 і №2) за висотними групами у смерекових пралісах НПП «Верховинський» (шт. на ПП / на 1 га)

Table 3. The density of advance regeneration by height classes in circular sample plots (No. 1 and No. 2) in the primeval spruce forests of the Verkhovyna National Nature Park (pcs. per sample plot / per 1 ha)

Деревна порода	Кругові проби (№1) з висотою підросту 10-39 см			Кругові проби (№2) з висотою підросту 40-129 см			Густота підросту ялини / горобини (шт./га) та успішність природного поновлення за трьома круговими пробами
	без пошкодження	з пошкодженням	пошкодження дичиною	без пошкодження	з пошкодженням	пошкодження дичиною	
Пробна площа №6, Буркутське ПНДВ; кв. 23, вид. 22; 170 р.; 1496 м н.р.м.							
Ялина	31 / 2480	2 / 160	– / –	1 / 40	1 / 40	– / –	2740 / – *; незадовільний стан**
Горобина	– / –	– / –	– / –	– / –	– / –	– / –	
Разом	31 / 2480	2 / 160	– / –	1 / 40	1 / 40	– / –	
Пробна площа №9, Буркутське ПНДВ; кв. 20, вид. 9; 120 р.; 1402 м н.р.м.							
Ялина	111 / 8880	14 / 1120	– / –	24 / 960	1 / 40	2 / 80	11620 / 3060***; добрий стан, II клас якості
Горобина	18 / 1440	1 / 80	– / –	17 / 680	2 / 80	4 / 160	
Разом	129 / 10320	15 / 1200	– / –	41 / 1640	3 / 120	6 / 240	
Пробна площа №11, Буркутське ПНДВ; кв. 20, вид. 9; 120 р.; 1411 м н.р.м.							
Ялина	46 / 3680	6 / 480	– / –	11 / 440	3 / 120	– / –	5100 / 4260; незадовільний стан
Горобина	33 / 2640	1 / 80	1 / 80	11 / 440	3 / 120	5 / 200	
Разом	79 / 6320	7 / 560	1 / 80	22 / 880	6 / 240	5 / 200	
Пробна площа №8, Буркутське ПНДВ; кв. 21, вид. 10; 150 р.; 1462 м н.р.м.							
Ялина	78 / 6240	3 / 240	– / –	12 / 480	5 / 200	1 / 40	8280 / 520; добрий стан, II клас якості
Горобина	– / –	– / –	– / –	5 / 200	1 / 40	2 / 80	
Разом	78 / 6240	3 / 240	– / –	17 / 680	6 / 240	2 / 80	
Пробна площа №7, Чивчинське ПНДВ; кв. 11, вид. 3; 180 р.; 1502 м н.р.м.							
Ялина	20 / 1600	– / –	3 / 240	23 / 920	5 / 200	2 / 80	3700 / 720; незадовільний стан
Горобина	2 / 160	– / –	– / –	4 / 320	– / –	– / –	
Разом	22 / 1760	– / –	3 / 240	27 / 1240	5 / 200	2 / 80	
Пробна площа №10, Буркутське ПНДВ; кв. 20, вид. 9; 120 р.; 1404 м н.р.м.							
Ялина	81 / 6480	3 / 240	– / –	49 / 1960	6 / 240	1 / 40	11220 / 2940; добрий стан, II клас якості
Горобина	5 / 400	4 / 320	– / –	12 / 480	7 / 280	3 / 120	
Разом	86 / 6880	7 / 560	– / –	61 / 2440	13 / 520	4 / 160	

Примітки. *ялина / горобина; **успішність природного поновлення, тис. шт. на 1 га: < 6,0 – незадовільний стан; 6,1-8,0 – задовільний стан (III клас якості); 8,1-12,0 – добрий стан (II клас якості); 12,1 і більше – добрий стан (I клас якості); ***успішність природного поновлення визначали за кількістю підросту лише Яле

Значно більшу кількість підросту, порівняно з ПП №6, можна пояснити суттєво слабшим розвитком другого ярусу та наявністю у деревостані окремих, значних за площею, прогалів. Поряд зі знаходженням на розкладеній лежачій деревині, деяка частина підросту зосереджена безпосередньо на площі виділу – поза межами розкладеної деревини.

У межах ділянки, де закладена ПП №11, порівняно з попередньою пробною площею, підросту ялини майже у два рази менше – 5100 тис. шт./га і його стан за кількістю оцінюється як незадовільний. Пояснення полягає у наявності на площі численних підземних джерел, у межах впливу яких підріст ялини відсутній. Поряд з цим, спостережено добрий розвиток підросту горобини – 4260 тис. шт./га (див. табл. 3). За гігروتотом тип лісорослинних умов на досліджуваній ділянці визначено як сирий.

Кількість підросту ялини за висотними групами становить: 10-39 см – 4160, 40-129 см – 560, більше 130 см – 380 шт. на 1 га з часткою, відповідно, 81,6; 11,0 та 7,4%. Отже, значна перевага, як і на ПП №9, належить дрібному підросту ялини. При цьому розподіл частки підросту за висотними групами на обох пробних площах дуже подібний.

Розподіл підросту горобини за висотними групами відрізняється від такого в ялини: 10-39 см – 2800, 40-129 см – 760, більше 130 см – 700 шт. на 1 га. Частка підросту за висотними групами становить, відповідно, 65,7; 17,8 та 16,4%.

Великомірний підріст зосереджений безпосередньо на площі ділянки – поза межами розкладеної деревини. Склад підросту – 6Ялє4Гор.

Стан підросту доволі добрий. Механічні пошкодження абіотичними чинниками спостережено у підросту як ялини, так і горобини, тоді як пошкодження дичиною більшою мірою характерні для горобинового підросту (скушування верхівки пагона). Проте частка цих пошкоджень незначна: механічні – для підросту ялини і горобини становлять, відповідно, 5,9-9,6 та 1,9-2,8%, пошкодження дичиною – до 1% та близько 3%.

Видовий склад трав'яного вкриття подібний на всіх трьох ділянках з перевагою ожики лісової (*Luzula sylvatica* (Huds.) Gaudin), квасениці звичайної (*Oxalis acetosella* L.), жовтозілля гайового (*Senecio nemorensis* L.) і папоротей – щитників шартрського (*Dryopteris carthusiana* (Vill.) H.P. Fuchs) та австрійського (*Dryopteris dilatata* subsp. *dilatata* (Hoffm.) A.Gray), безщитників жіночого (*Athyrium filix-femina* (L.) Roth) та розставленолистого (*Athyrium distentifolium* Tausch ex Opiz).

Таблиця 4. Кількість підросту на облікових площадках кругових проб (№3) за висотними групами в смерекових пралісах НПП «Верховинський» (шт. на ПП / на 1 га)

Table 4. The density of advance regeneration by height classes in circular sample plots (No. 3) in the primeval spruce forests of Verkhovyna National Nature Park (pcs. per plot / per 1 ha)

Деревна порода	Кругові проби (№3) з висотою підросту 130 см і більше											
	до 0,9 см D _{1,3}		1-1,9 см D _{1,3}		2-2,9 см D _{1,3}		3-3,9 см D _{1,3}		4-4,9 см D _{1,3}		5-5,9 см D _{1,3}	
	без пош-кодж.	з пош-кодж.	без пош-кодж.	з пош-кодж.	без пош-кодж.	з пош-кодж.	без пош-кодж.	з пош-кодж.	без пош-кодж.	з пош-кодж.	без пош-кодж.	з пош-кодж.
Пробна площа №6, Буркутське ПНДВ; кв. 23, вид. 22; 170 р.; 1496 м н.р.м.												
Ялина	1/20	– / –	– / –	– / –	– / –	– / –	– / –	– / –	– / –	– / –	– / –	– / –
Горобина	– / –	– / –	– / –	– / –	– / –	– / –	– / –	– / –	– / –	– / –	– / –	– / –
Разом	1 / 20	– / –	– / –	– / –	– / –	– / –	– / –	– / –	– / –	– / –	– / –	– / –
Пробна площа №9, Буркутське ПНДВ; кв. 20, вид. 9; 120 р.; 1402 м н.р.м.												
Ялина	10/200	2/40	3/60	1/20	3/60	2/40	3/60	– / –	– / –	– / –	3/60	– / –
Горобина	25/500	6/120	– / –	– / –	– / –	– / –	– / –	– / –	– / –	– / –	– / –	– / –
Разом	35/700	8/160	3/60	1/20	3/60	2/40	3/60	– / –	– / –	– / –	3/60	– / –
Пробна площа №11, Буркутське ПНДВ; кв. 20, вид. 9; 120 р.; 1411 м н.р.м.												
Ялина	1/20	1/20	4/80	2/40	3/60	1/20	4/80	1/20	– / –	– / –	2/40	– / –
Горобина	17/340	14/280	2/40	2/40	– / –	– / –	– / –	– / –	– / –	– / –	– / –	– / –
Разом	18/360	15/300	6/120	4/80	3/60	1/20	4/80	1/20	– / –	– / –	2/40	– / –
Пробна площа №8, Буркутське ПНДВ; кв. 21, вид. 10; 150 р.; 1462 м н.р.м.												
Ялина	7/140	8/160	9/180	4/80	6/120	5/100	2/40	1/20	3/60	1/20	7/140	1/20
Горобина	5/100	5/100	– / –	– / –	– / –	– / –	– / –	– / –	– / –	– / –	– / –	– / –
Разом	12/240	13/260	9/180	4/80	6/120	5/100	2/40	1/20	3/60	1/20	7/140	1/20

Продовження таблиці 4

Дерева порода	Кругові проби (№3) з висотою підросту 130 см і більше											
	до 0,9 см D _{1,3}		1-1,9 см D _{1,3}		2-2,9 см D _{1,3}		3-3,9 см D _{1,3}		4-4,9 см D _{1,3}		5-5,9 см D _{1,3}	
	без пош- кодж.	з пош- кодж.	без пош- кодж.	з пош- кодж.	без пош- кодж.	з пош- кодж.	без пош- кодж.	з пош- кодж.	без пош- кодж.	з пош- кодж.	без пош- кодж.	з пош- кодж.
Пробна площа №7, Чивчинське ПНДВ; кв. 11, вид. 3; 180 р.; 1502 м н.р.м.												
Ялина	3/60	4/80	9/180	3/60	6/120	– / –	4/80	1/20	2/40	1/20	– / –	– / –
Горо- бина	9/180	3/60	– / –	– / –	– / –	– / –	– / –	– / –	– / –	– / –	– / –	– / –
Разом	12/240	7/140	9/180	3/60	6/120	– / –	4/80	1/20	2/40	1/20	– / –	– / –
Пробна площа №10, Буркутське ПНДВ; кв. 20, вид. 9; 120 р.; 1404 м н.р.м.												
Ялина	22/440	6/120	16/320	2/40	21/420	– / –	19/380	1/20	19/380	– / –	7/140	– / –
Горо- бина	42/840	18/360	1/20	6/120	– / –	– / –	– / –	– / –	– / –	– / –	– / –	– / –
Разом	64/1280	24/480	17/340	8/160	21/420	– / –	19/380	1/20	19/380	– / –	7/140	– / –

Оригінальним складом рослин вирізняється ПП №11, де видова насиченість є доволі високою за рахунок появи гігрофільних видів у місцях виходу на поверхню численних джерел. Тут відмічені калюжниця болотна (*Caltha palustris* L.), гадючник в'язолистий (*Filipendula ulmaria* (L.) Maxim.), кропива жабрієлиста (*Urtica galeopsifolia* J.Jacq. ex Blume), осот оманolistий (*Cirsium helenioides* (L.) Hill).

Для всіх ділянок характерною ознакою є добре сформоване мохове вкриття, у якому домінує рунянка гарна (*Polytrichum formosum* Hedw.). Велику частку складають також дікран мітлоподібний (*Dicranum scoparium* Hedw.), ортодікран гірський (*Orthodicranum montanum* (Hedw.) Loeske), косостеблик хвилястий (*Plagiomnium undulatum* (Hedw.) T.J. Кор.).

Ділянка смерекового пралісу, де закладена **пробна площа №8**, знаходиться у *фазі старіння*. Відбувається відмирання старих дерев, тому у деревостані є значна кількість великих сухостійних екземплярів – як поодиноких, так і розташованих окремими невеликими групами. Деревя часто з дуплами, повністю або частково без кори, заселені комахами. Поряд з цим, спостережено і свіжі сухостійні екземпляри, процес руйнування яких лише розпочинається. Деревостан характеризується значними за розміром прогалинами, наявна значна кількість лежачих дерев різного ступеня розкладання. За візуальною оцінкою, лежачих дерев помітно більше, ніж стоячого сухостою. На відкритих незадернілих ділянках, особливо на стовбурах дерев IV стадії розкладання, проходить інтенсивний процес природного поновлення. Найбільша кількість ялинового самосіву та підросту зосереджена саме на повалених сильно розкладених деревах.

У межах фази старіння Leibudgut (1993) виділяв ранню фазу, яка відзначається максимальними запасами деревини та пізню – лише близько половини від них. У пізній фазі старіння дерева верхнього ярусу досягають граничного фізіологічного віку, їхній приріст різко знижується, спостерігається часткове відмирання крони. З'являються перші ознаки пошкодження дерев фітопатогенами, деревостан стає уразливим до біотичних та абіотичних чинників, і виявляє загалом тенденцію до розпаду. Однак намет деревостану у фазі старіння ще залишається в основному цілісним. Деревостан на ПП №8 доцільніше віднести до *ранньої фази старіння*, оскільки запаси деревини хоча помітно нижчі, ніж у фазі зрілості, але все ж ще доволі високі. Окрім того, у деревостані поки що відсутні чіткі ознаки його розпаду. За загального запаса деревини в 488 м³·га⁻¹ сухостій складає лише 39 м³·га⁻¹ або 8,7%.

Самосів зосереджений в основному на повалених стовбурах ялини IV стадії розкладання, хоча й трапляється на прогалинах. На окремих гнилих стовбурах кількість його дуже висока. За візуальною оцінкою, густина самосіву сягає 8-10 тис. штук на 1 га. Розташування самосіву на ділянці нерівномірне. Частина самосіву зосереджена на залишках гнилих пеньків. Пошкодження самосіву дикими тваринами відсутнє.

Підросту доволі багато, різної висоти. Як і самосів, він зосереджений в основному на мертвій деревині IV ступеня розкладання (рис. 3). Поряд з цим, значна частина підросту зосереджена безпосередньо на площі виділу – поза межами лежачої розкладеної деревини. Наявність прогалин у лісостані активізує процес природного поновлення у випадку, якщо не відбувається інтенсивного розвитку трав'яного вкриття.



Рис. 3. Підріст *Picea abies* під наметом смерекового пралісу у фазі старіння на ПП №8 (Буркутське ПНДВ; кв. 21, вид. 10; 488 м³·га⁻¹)

Fig. 3. *Picea abies* advance regeneration under the canopy of primeval spruce stand in the aging phase in Sample Plot No. 8 (the Burkut Nature Research Department; compartment 21, subcompartment 10; 488 м³·ha⁻¹)

Загальна кількість підросту ялини за обліковими круговими площадками становить 8280 шт. на 1 га, зокрема заввишки 10-39 см – 6480, 40-129 см – 720, більше 130 см – 1080 шт. на 1 га. Частка його за цими висотними групами становить, відповідно, 78,3; 8,7 та 13,0% (див. табл. 3, 4). Тобто, значну перевагу за кількісним показником має дрібний підріст ялини. Частка його дещо менша, ніж у деревостанах оптимальної фази розвитку (78% проти 82-86%), проте все ж залишається досить високою.

Підросту горобини доволі мало (5,9% від його загальної кількості) і він зосереджений у висотних групах 40-129 см (320 шт./га) та 130 см і більше (200 шт./га). Склад підросту – 10Яле + Гор.

Пошкодження підросту перших двох висотних груп незначне. Найбільшу кількість пошкоджених екземплярів спостережено у третій висотній групі (див. табл. 4). При цьому пошкодження виявлено майже у половини облікованих екземплярів. Пошкодження зумовлені в основному падаючими гілками зі старих дерев або падінням самих дерев. Притиснутий до землі падаючими фрагментами з дерев, підріст часто формує викривлені стовбурці з однобічною кроною. Окремі екземпляри, в основному – горобини, пошкоджені дикими тваринами.

Загалом кількісний стан природного поновлення під наметом смерекового пралісу можна оцінити як добрий (II клас якості).

У трав'яному вкритті переважають ожика лісова (*Luzula sylvatica*), квасениця звичайна (*Oxalis acetosella*), щитник шартрський (*Dryopteris carthusiana*), щитник австрійський (*Dryopteris dilatata*), безщитник жіночий

(*Athyrium filix-femina*), безщитник розставленолистий (*Athyrium distentifolium*), підбілик альпійський (*Homogyne alpina* (L.) Cass.), нечуй-вітер муровий (*Hieracium murorum* L.). Розташування трав'яного вкриття на ділянці рівномірне. Проективне вкриття трав становить 80%.

Пробні площі №7 та №10 закладено на ділянках старовікових деревостанів, які можна охарактеризувати як такі, що знаходяться на межі фаз розпаду і відновлення. У більшості випадків процеси розпаду та поновлення просторово й часово перекриваються або навіть збігаються (Корпел, 1995). Фаза відновлення часто поєднується з фазою розпаду і доволі складно знайти ділянку лісостану, який би відображав характерні риси саме фази відновлення чи фази розпаду у «чистому вигляді».

Для досліджуваних ділянок лісостанів характерне масове відмирання дерев – цілими групами внаслідок старіння та негативної дії абіотичних і біотичних чинників (вітер, сніг, шкідники), що стало причиною утворення вітровальних, сніговальних і буреломних вікон та прогалів. Поява останніх зумовила поліпшення світлового режиму, а, отже, й інтенсифікацію лісовідновного процесу.

Самосів ($h \leq 9$ см) зосереджений в основному на повалених стовбурах, які досягли найвищого ступеня розкладання. Розташування самосіву нерівномірне. На окремих гнилих стовбурах кількість самосіву дуже висока. Загальна кількість самосіву ялини на ПП №7 оцінюється близько 10, на ПП №10 – 10-15 тис. шт. на 1 га (рис. 4).

Хоча обидві пробні площі закладені у частинах деревостанів, яким притаманна подібна фаза розвитку, кількість підросту на ділянках суттєво

різниться. Так, на ПП №7 деревостан розріджений, характеризується значними за площею прогалинами. Висока освітленість ділянки та південно-східна експозиція схилу спровокували сильний розвиток трав'яного вкриття, її задерніння, наслідком чого кількість підросту доволі низька – як ялини, так і горобини (відповідно, 3,7 та 0,72 тис. шт./га). Інтенсивний розвиток трав'яного вкриття, насамперед – ожики лісової (*Luzula sylvatica* (Huds.) Gaudin), щитників шартрського (*Dryopteris carthusiana* (Vill.) H.P. Fuchs) та австрійського (*D. dilatata* subsp. *dilatata* (Hoffm.) A.

Gray), безщитників жіночого (*Athyrium filix-femina* (L.) Roth) та розставленолистого (*A. distentifolium* Tausch ex Opiz) а також кущиків чорниці звичайної (*Vaccinium myrtillus* L.) значною мірою гальмує процес проходження природного поновлення. Окремі ваї безщитників жіночого та розставленолистого сягають довжини більше метра. У зв'язку із задернінням ґрунту дрібний підріст зосереджується в основному на стовбурах повалених сильнорозкладених дерев. В окремих локалітетах кількість підросту на повалених деревах дуже висока (рис. 5).



Рис. 4. Самосів *Picea abies* на сильнорозкладеному ялиновому стовбурі (ПП №7; Чивчинське ПНДВ; кв. 11, вид. 3; 403 м³·га⁻¹)

Fig. 4. *Picea abies* seedlings on a highly decayed spruce log (Sample Plot No. 7; the Chyvchyn Nature Research Department; compartment 11, subcompartment 3; 403 m³·ha⁻¹)

Загальна кількість підросту ялини на ПП №7 за обліковими круговими площадками становить 3700 шт. на 1 га, зокрема, заввишки 10-39 см – 1840, 40-129 см – 1200, більше 130 см – 680 шт. на 1 га. Частка підросту за висотними групами становить, відповідно, 49,5; 32,2 та 18,3%. Хоча найбільша кількість ялинового підросту зосереджена у першій висотній групі, перевага його не така значна, як це було спостережено на ПП № 6, 9, 11 та 8.

Підріст *Sorbus aucuparia* обліковано у всіх трьох висотних групах, де відносна частка її становить 22,2; 44,4 та 33,3%. Отже перевага тут

належить великому підросту, хоча підріст листяного виду у досліджуваному деревостані загалом представлений слабо. Склад підросту – 9Ялє1Гор.

Основна і суттєва відмінність смерекового лісостану, де закладено ПП №10, порівняно із ПП №7, полягає у значній кількості великомірного підросту, який формує важкопрохідні зарості. Інтенсивний розвиток підросту зумовлений, насамперед, північним схилом лісової ділянки з доброю забезпеченістю вологою та слабким розвитком трав'яного вкриття. Більшість великомірного підросту (130 см і >) зосереджена безпосередньо на площі виділу – поза межами розкладеної деревини.



Рис. 5. Підріст *Picea abies* під наметом смерекового пралісу у фазі розпаду на ПП №7 (Чивчинське ПНДВ; кв. 11, вид. 3; 403 м³·га⁻¹)

Fig. 5. *Picea abies* advance regeneration under the canopy of primeval spruce stand in the breakdown phase in Sample Plot No. 7 (The Chyvchyn Nature Research Department; compartment 11, subcompartment 3; 403 м³·ha⁻¹)

Загальна кількість ялинового підросту за обліковими круговими площадками становить 11220 шт. на 1 га, в т.ч. заввишки 10-39 см – 6720, 40-129 см – 2240, більше 130 см – 2260 шт. на 1 га (див. табл. 3, 4). Частка підросту ялини за висотними групами становить, відповідно, 59,8; 20,0 та 20,2%. Відносний розподіл підросту подібний до такого на ПП №7, що підтверджує знаходження обох смерекових пралісів у подібній фазі розвитку.

Якщо відносний розподіл ялинового підросту за висотними групами доволі подібний, то кількість підросту на ПП №10 в 3,0 рази більша, ніж на ПП №7 і характеризується добрим станом (II клас якості). Така значна відмінність у кількості підросту між двома смерековими пралісами, які знахо-

дяться у подібній фазі розвитку, може бути зумовлена різним ступенем впливу біотичних та абіотичних чинників серед яких, ймовірно, значну роль відіграла різна експозиція схилів та частка проєктивного трав'яного вкриття на досліджуваних площах (відповідно, 60 та 90%) (рис. 6).

На ПП №10 обліковано також певну кількість (2940 шт./га) підросту горобини звичайної, зокрема заввишки 10-39 см – 720, 40-129 см – 880, більше 130 см – 1340 шт. на 1 га. Відносна частка підросту становить, відповідно, 24,5; 29,9 та 45,6%. Значна перевага великомірного підросту пояснюється його зосередженням переважно на великих за площею прогалинах, де сформувалися добрі умови освітлення. Склад підросту – 8Ялє2Гор.



Рис. 6. Підріст *Picea abies* під наметом смерекового пралісу у фазі розпаду на ПП №10 (Буркутське ПНДВ; кв. 20, вид. 9; 695 м³·га⁻¹)

Fig. 6. *Picea abies* advance regeneration under the canopy of primeval spruce stand in the decay phase in Sample Plot No. 10 (The Burkut Nature Research Department; compartment 20, subcompartment 9; 695 м³·ha⁻¹)

Стан підросту на пробних площах №7 та №10 загалом добрий. Спостережено незначне пошкодження дрібного і середнього підросту ялини дикими тваринами (6,6 та 2,2%), а також невелику частку механічно пошкодженого середнього (5,4 і 2,1%) та великого (4,9 та 1,6%) підросту.

Механічне пошкодження дрібного (10,9%) і середнього (9,5%) підросту горобини виявлено на ПП №10. Пошкодження підросту дикими тваринами також незначне (4,1%). Пошкодження великомірного підросту горобини найсуттєвіше, і становить, відповідно 8,3 та 16,3%.

Фоновими видами трав'яного вкриття на обох ділянках є ожика лісова (*Luzula sylvatica*), квасениця звичайна (*Oxalis acetosella*), щитники шартрський (*Dryopteris carthusiana*) та австрійський

(*Dryopteris dilatata*), безщитники жіночий (*Athyrium filix-femina*) та розставленолистий (*Athyrium distentifolium*), чорниця звичайна (*Vaccinium myrtillus* L.), підбілик альпійський (*Homogyne alpina*), нечуй-вітер муровий (*Hieracium murorum*). Щитник австрійський локально утворює зарості заввишки більше 1,0 м. Проективне трав'яне вкриття на ПП №7 становить 90, на ПП №10 – близько 60%.

Аналізуючи розподіл підросту ялини за висотними групами під наметом смерекових пралісів, які перебувають на різних фазах розвитку, потрібно відзначити суттєву перевагу дрібного підросту (10-39 см). Проте його частка, ймовірно, певною мірою залежить від фази розвитку пралісового лісостану (рис. 7).

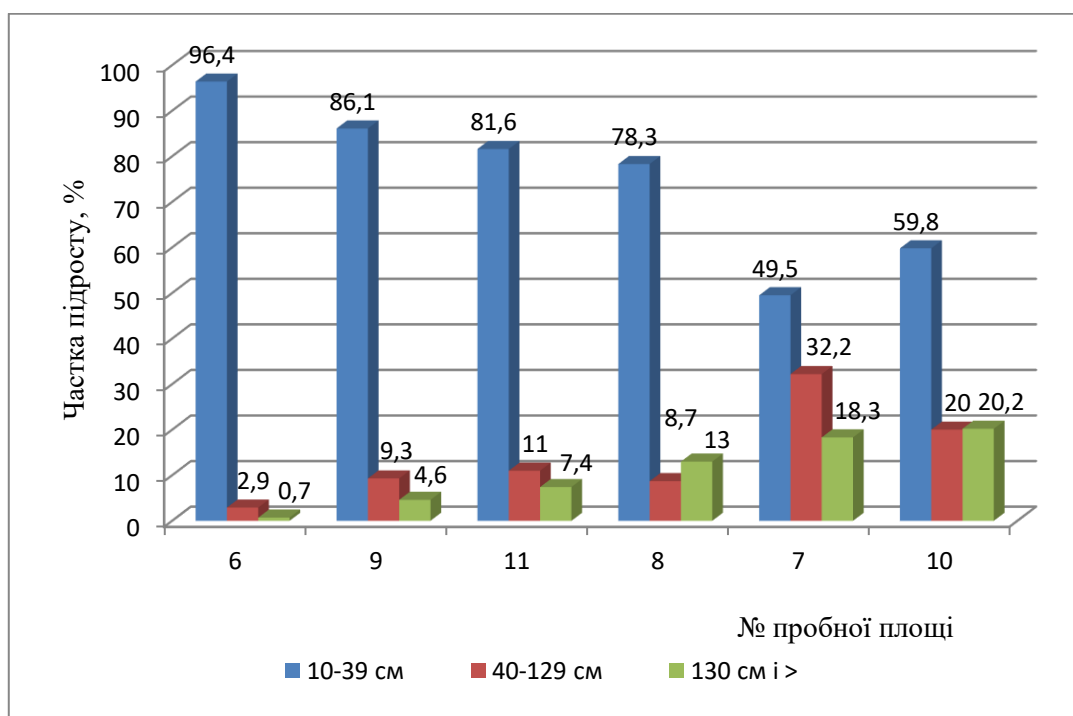


Рис. 7. Розподіл підросту *Picea abies* за висотними групами під наметом смерекових пралісів
Fig. 7. Distribution of *Picea abies* advance regeneration by height classes under the canopy of primeval spruce stands

Так, для лісостанів, що перебувають в оптимальній фазі розвитку, частка дрібного підросту становить 82-96%; для лісостану у фазі старіння вона дещо менша (78%); для лісостанів у фазі розпаду ця частка найменша (50-60%).

Зворотна тенденція притаманна зміні частки середнього підросту (40-129 см) – від 3 до 32% та великого (130 см і >) – від 1 до 20%. Тобто, для смерекових пралісів, що перебувають в оптимальній фазі розвитку, характерна перевага дрібного підросту за мінімальної участі середнього та великого. Для деревостанів у фазі розпаду характерний інший розподіл підросту за висотними групами – частка дрібного підросту становить приблизно половину, а іншу половину формують середній і великий підріст.

Таким чином можна зробити попередній висновок, що зміна співвідношення висотних груп підросту є певним індикатором життєвого циклу смерекового пралісу: переважання дрібного підросту свідчить про оптимальну фазу розвитку, а рівномірне представлення середнього та великого підросту з одночасним зменшенням частки дрібного – про фазу розпаду.

Дискусія (Discussion).

На території НПП «Верховинський» у високогірній зоні Українських Карпат сформувалися клімаксові смерекові угруповання. Ці екосистеми досягли стійкого гомеостазу з екстремальними кліматичними умовами високогір'я. Протягом майже двох століть тут сформувався кінцевий,

стабільний стан рослинності, який перебуває у динамічній рівновазі з довкіллям. Як наслідок, структурний та видовий склад цих угруповань залишається практично інваріантним упродовж значного часового проміжку.

У цьому аспекті розвиток самосіву і підросту під наметом смерекових пралісових угруповань, їхня вікова динаміка, сприяють формуванню різновікової просторової структури старовікових лісостанів, яка підвищує стійкість пралісових екосистем до кліматичних змін, біотичних ушкоджень та стихійних чинників. У смерекових пралісах природне поновлення є основним регулятором їхньої горизонтальної та вертикальної структури, визначаючи формування мозаїчних мікробіотопів і параметрів біорізноманіття.

Встановлено (Чорній, Шпарик, 2025), що під старовіковими смерековими лісостанами формується достатня кількість підросту для наступного успішного природного поновлення деревостанів. Нами також встановлено доволі значну кількість смерекового підросту на пробних площах, які репрезентують оптимальну фазу (5,1-11,6 тис. шт./га), фазу старіння (8,3 тис. шт./га) та фазу розпаду (11,2 тис. шт./га) старовікових лісостанів. Поряд з цим, на окремих ділянках кількість підросту *Picea abies* є низькою і стан поновлення характеризується як незадовільний. Зокрема на ПП №6 обліковано тільки 2,7 (оптимальна фаза), а на ПП №7 (фаза розпаду) – лише 3,7 тис. шт./га молодих рослин. Основні причини полягають у різних експозиціях схилів, різній зволоженості ґрунту, різній інтенсивності розвитку трав'яного покриття.

Актуальний стан пралісових угруповань детермінується не лише особливостями їхнього внутрішнього розвитку, але й комплексною дією на них біотичних та абіотичних природних чинників, навіть за умови відсутності прямого антропогенного втручання. Визначальний вплив на стійкість смерекових пралісів мають два домінантні чинники: *глобальні кліматичні трансформації*, які змінюють лісорослинні умови та потенційно спричиняють зміну породного складу лісостанів (Jump, Hunt, & Peñuelas, 2006; Дідух, Чорней, Буджак, 2016; Shukla et al., 2019; Шпарик, Криницький, Дебринюк, 2020), а також *стихійні природні явища* (вітровали, буреломи, сніголами), що здатні зруйнувати ярусну структуру пралісових угруповань (насамперед – смерекових) на значних територіях (Калуцький, Олійник, 2007; Janda et al., 2014; Ю. Шпарик, Вітер, В. Шпарик, 2020).

Еколого-лісівничі дослідження констатують значний ризик впливу кліматичних змін на природні біогеоценози, включаючи смерекові пралісові угруповання. Порівняльний аналіз флористичного покриву показує, що лісові екосистеми демонструють найнижчу швидкість адаптації до кліматичних

флуктуацій. Основними чинниками, які посилюють екологічний стрес, є потепління та зменшення кількості атмосферних опадів, що потенційно призведе до скорочення чи повного випадіння з ценозу слабо адаптованих видів з вузькою екологічною амплітудою, таких як *Picea abies*. Ці процеси ініціюють зміну меж ареалів основних лісотвірних деревних видів, що, своєю чергою, потягне за собою модифікацію структурних характеристик лісових екосистем та їхньої біологічної продуктивності (Jump et al., 2006; Cannone, Sgrobatì, & Guglielmin, 2007; Дідух та ін., 2016; Shukla et al., 2019).

Процеси старіння і розпаду є характерними для будь-якої живої природної екосистеми, однак їхнім продовженням є настання процесів відновлення. Для пралісових угруповань процеси старіння і розпаду деревостану є своєрідним стимулятором запускання відновних процесів у природній екосистемі. З цього погляду, нагромадження сухостою у смерекових пралісах є результатом поєднання глобальних кліматичних змін та природної динаміки старовікових лісостанів, зокрема тих, що знаходяться у фазах старіння і розпаду. Потрібно констатувати, що процеси глобального потепління в сучасний період є небезпечними для стабільного функціонування біосфери, зокрема і пралісових угруповань, насамперед – смерекових (Дебринюк, 2011; Shukla et al., 2019; Шпарик та ін., 2020).

Впродовж 2010-2019 рр. кліматопо Карпатського регіону стали теплішими і сухішими на один, а часто – і на два класи гігротопу. Зміна суми активних температур теж має чіткий тренд до збільшення за даними всіх метеостанцій – від 16% на рівнині і до 36% – у гірських умовах. Відповідно зростає тривалість вегетаційного періоду, що є вагомою причиною змін у складі рослинних субформацій і формацій. Кліматичні зміни призвели до змін у площі природного поширення головних деревних видів Карпатського регіону, насамперед – *Picea abies*, яка різко зменшила площу свого природного зростання, тоді як інші деревні види (*Fagus sylvatica* L., *Abies alba* Mill.) її розширили (Шпарик та ін., 2020). З продовженням кліматичних змін склад рослинних субформацій буде і надалі змінюватися природним шляхом. І хоча на висотах 1300-1500 м н.р.м. зміни клімату не так яскраво виражені, як у середньо- та нижньогірському поясах Українських Карпат, їхній негативний вплив все ж відчутно позначиться на біотичній стійкості ялини європейської.

Вище зазначено, що процес природного поновлення найкраще вивчено у букових пралісах (Парпан, Стойко, 1999; Commarmot, Brändli, Hamor, Lavnyy, 2013; Манько та ін., 2019 та ін.). На відміну від букових, особливості природного поновлення у карпатських смерекових пралісах вивчено недостатньо. Таку

ситуацію можна пояснити тим, що букові праліси внесено у світову спадщину ЮНЕСКО, і тому існує підвищена цікавість до їх вивчення, тоді як смерекові пралісові угруповання поширені значно рідше і тому є менш відомими.

За результатами досліджень (Устименко та ін., 2012) природне поновлення у пралісах *Fagus sylvatica* цілком задовільне, а у вікнах намету формується дуже рясний його підріст. Задовільним є підріст явора, ялиці та ялини, проте у фазі дорослих дерев трапляються лише поодинокі екземпляри цих деревних порід через фітоценотичні особливості формування таких лісів.

За даними Ю.С. Шпарика та ін. (2021) кількість підросту змінюється у значних межах (від 1 тис. шт.га⁻¹ в ялиново-буково-ялицевому квазіпралісі до 108 тис. шт.га⁻¹ – в буковому квазіпралісі), а видовий склад підросту відповідає типам лісу. Більшість об'єктів моніторингу за кількістю підросту знаходяться в діапазоні 5-20 тис. шт.га⁻¹, що, на думку дослідників, є достатнім для подальшого успішного проходження процесу природного поновлення.

Хоча наведені дані стосуються квазіпралісів, отримані нами дані щодо кількості ялинового підросту у смерекових пралісових угрупованнях помітно менші (3,7-11,6 тис. шт.га⁻¹). Основні чинники впливу на процес природного поновлення – висота над рівнем моря, фаза розвитку пралісу, ступінь розвитку трав'яного вкриття, ступінь зволоження та експозиція схилу.

За результатами досліджень Ю.С. Шпарика та ін. (2021), кількість підросту за висотними групами на чотирьох об'єктах моніторингу відповідає класичному для пралісів розподілу – переважає дрібний (10-30) і середній (30-130) підріст, а кількість великого (130-300) і дуже великого (вище 300 см) підросту незначна. Незважаючи на відмінності у використанні методики

щодо виділення висотних груп підросту, отримані нами дані засвідчують, що розподіл частки підросту за висотними групами доцільно ув'язувати з фазою розвитку пралісового угруповання: якщо у фазі пристигання частка дрібного підросту становить 82-96%, то у фазі розпаду – лише 60%.

Низький рівень освітленості під наметом букових пралісів і наявність товстого шару підстилки не сприяє розвитку трав'яного вкриття, флористичний склад якого є доволі бідним. Одним із чинників, що зумовлюють пригнічення розвитку трав'яного ярусу, є також конкуренція з боку кореневої системи бука, яка у гірських умовах локалізована в одному ґрунтовому горизонті з підземними вегетативними органами трав'яних рослин (Устименко та ін., 2012).

На відміну від букових, у смерекових пралісах добре розвинуте трав'яне вкриття, чому сприяє нерівномірне змикання крон дерев, особливо у фазах старіння та розпаду. Переважає *Vaccinium myrtillus*, яка займає в середньому 50-60% площі досліджених пралісових угруповань. Окрім чорниці, трапляються ожика лісова (*Luzula sylvatica*), квасениця звичайна (*Oxalis acetosella*), щитник шартрський (*Dryopteris carthusiana*), щитник австрійський (*Dryopteris dilatata*), безщитник жіночий (*Athyrium filix-femina*), безщитник розставленолистий (*Athyrium distentifolium*), підбілик альпійський (*Homogyne alpina*), нечуйвітер муровий (*Hieracium murorum*) та ін. Особливо рясне трав'яне вкриття формується в межах вікон і прогалів.

Під час досліджень смерекових пралісів у Чивчино-Гринявських горах виявлено цікаве явище – процес експансії *Picea abies* у пракириволісся сосни гірської (*Pinus mugo* Turra), що призводить до порушення стабільності історично сформованої верхньої межі лісу (рис. 8).

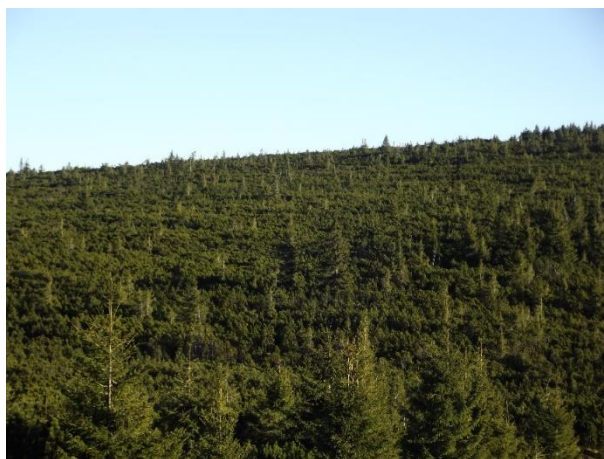


Рис. 8. Ялина європейська серед криволісся сосни гірської (Прикордонне ПНДВ; вигляд на північно-західний схил гори Палениця)

Fig. 8. Norway spruce among mountain pine krummholz (The Prykordonne Nature Research Department; view of the north-western slope of Mount Palenitsia)

Трансформація структури високогірних біогеоценозів відбувається під впливом глобальних кліматичних змін, які зумовлюють зміщення еко-тону «ліс – альпійське криволісся». Завдяки анемохорії та формуванню сприятливого мікроклімату в межах ценозів сосни гірської, сосни ялини успішно адаптуються та вегетують вище традиційної межі лісу. Зазначене явище спричиняє формування унікальної перехідної природної формації – поєднання субальпійського криволісся з елементами рідколісся. Така сукцесійна зміна рослинного покриву свідчить про глибоку перебудову екосистем високогір'я та потребує подальшого детального моніторингу й поглибленого вивчення для прогнозування майбутньої динаміки біорізноманіття в Чивчино-Гринявських горах.

У наукових роботах часто розглядають питання щодо пошуку шляхів ефективного збереження пралісів. Так, на думку В.В. Лавного (2008), у сучасних умовах найдосконалішою формою збереження цінних природних комплексів, насамперед – пралісових угруповань, є їхнє заповідання. Саме природоохоронні території відіграють провідну роль у реалізації ідеї сталого розвитку та збереження біорізноманіття. Тому найнадійнішу охорону пралісових екосистем можна забезпечити саме на території природно-заповідного фонду (Манько та ін., 2019).

Потрібно зазначити, що всі ділянки зі смерековими пралісами в НПП «Верховинський» віднесено до заповідної зони. Однак, на думку С.М. Стойка (2002), для підвищення надійної охорони пралісів в системі природно-заповідного фонду потрібно виділити спеціальну категорію – «пралісовий резерват». Ймовірно, така пропозиція є слушною у випадку, коли до «пралісового резервату» відносити лише ті частини пралісів, які на сьогодні виявляють високу стійкість до негативного впливу різних абіотичних та біотичних чинників, а також до опосередкованих антропогенних впливів.

Висновки (Conclusions).

1. Самосів *Picea abies* під наметом досліджених смерекових пралісових угруповань зосереджений в основному на лежачих стовбурах дерев IV стадії розкладання. Його кількість змінюється, залежно від фази розвитку пралісового угруповання та низки абіотичних чинників, наближено у таких межах: 1-8 (оптимальна фаза), 10-12 (фаза старіння), 10-15 (фаза розпаду) тис. шт. на 1 га.

2. Тенденція щодо кількості підросту зі зміною фази розвитку деревостану прослідковується слабо: 2,74-11,62; 8,28; 3,70-11,22 тис. шт./га. Основна причина значної варіабельності кількості підросту на ділянках полягає у різній інтенсивності розвитку трав'яного вкриття, чому

сприяє добра освітленість ділянок внаслідок появи значних за площею прогалів. Як і самосів, підріст в основному зосереджений на лежачих стовбурах IV стадії розкладання і від обсягу останніх значною мірою залежить успішність проходження процесу природного поновлення деревних видів.

3. На відміну від кількісного показника, відносна частка зміни підросту зі зміною фаз розвитку смерекових лісостанів прослідковується доволі чітко. Для деревостанів, що перебувають в оптимальній фазі, частка дрібного підросту становить 82-96%; для деревостану у фазі старіння вона дещо менша (78%); для деревостанів у фазі розпаду ця частка найменша (50-60%). Зворотна тенденція притаманна зміні частки середнього підросту – від 3 до 32% та великого – від 1 до 20%. Тобто, деревостанам оптимальної фази розвитку притаманна перевага дрібного підросту за мінімальної участі середнього та великого. Під наметом деревостанів, що перебувають у фазі розпаду, частка дрібного підросту становить приблизно половину, а іншу половину формують середній і великий підріст.

4. Зіставлення структури підросту за висотними групами чітко засвідчує фазові відмінності: деревостани оптимальної фази розвитку характеризуються домінуванням дрібного підросту, тоді як у фазі розпаду спостережено доволі збалансований розподіл усіх висотних груп за суттєвого збільшення частки середнього та великого підросту.

5. Поряд з підростом *Picea abies*, під наметом смерекових пралісів трапляється підріст *Sorbus aucuparia*, кількість якого відзначається значною варіабельністю. Нами не встановлено певної тенденції щодо зміни кількості підросту горобини у зв'язку зі зміною фази розвитку деревостану: 3,1 і 4,3 тис. шт./га (21 і 45%) – в оптимальній фазі; 0,5 тис. шт./га (6%) – у фазі старіння; 0,7 і 2,9 тис. шт./га (16 і 21%) – у фазі розпаду. Причини такої варіабельності можуть полягати у специфіці екологічної ролі деревного виду, стратегії його поширення, специфіці мікрорельєфу пробних площ.

6. Стан підросту доволі добрий. Механічні пошкодження абіотичними чинниками зафіксовано у підросту як ялини, так і горобини, тоді як пошкодження дикими тваринами більшою мірою характерні для горобинового підросту (скушування верхівки пагона). Проте частка цих пошкоджень незначна: механічні – для підросту ялини і горобини становлять, відповідно, 2,1-9,6 та 1,9-10,9%, пошкодження дикими тваринами – 0,5-6,6% та близько 3%. Виняток становить ПП №10, де зафіксовано найбільше пошкодження великомірному підросту горобини абіотичними чинниками та дичиною, відповідно, 8,3 та 16,3%.

7. Незважаючи на негативний вплив низки абіотичних чинників, зокрема зміни клімату, можна констатувати, що під наметом смерекових пралісів НПП «Верховинський» в умовах відсутності безпосереднього антропогенного впливу відбувається інтенсивний процес природного поновлення *Picea abies*, що свідчить про саморегульованість пралісових екосистем та важливість їхнього збереження як еталонних об'єктів для лісівничої науки.

Подяка (Acknowledgments).

Автори статті вдячні інспекторам з охорони ПЗФ Буркутського ПНДВ Шикману Сергію Івановичу, Курильчуку Івану Юрійовичу, Федорчаку Івану Миколайовичу та інспектору з охорони ПЗФ Чивчинського ПНДВ Пецею Олексію Петровичу за їхню вагомую допомогу у проведенні польових досліджень. Автори статті також висловлюють вдячність доктору біологічних наук, професору НЛТУ України Сороці Мирославі Іванівні за допомогу у визначенні видового складу трав'яного та мохового вкриття.

Конфлікт інтересів (Conflicts of Interest).

Автори заявляють про відсутність у них відомих конкуруючих фінансових інтересів чи особистих зв'язків, які могли б вплинути на результати, представлені у цій статті.

Список літератури (References)

- Cannone, N., Sgrobat, S., & Guglielmin, M. (2007). Unexpected impacts of climate change on alpine vegetation. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 5(7), 360–364. [https://doi.org/10.1890/1540-9295\(2007\)5\[360:UIOCCO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1540-9295(2007)5[360:UIOCCO]2.0.CO;2)
- Chernyavskyy, M. V. (1999). Primeval beech forests as standards of the future forests of the Ukrainian Carpathians. *Scientific Bulletin of Ukrainian State Forestry University: Biodiversity Research, Conservation and Enrichment*, 99, 173–179. [Чернявський, М. В. (1999). Букові праліси як еталони лісів майбутнього Українських Карпат. *Науковий вісник УкрДЛТУ: дослідження, охорона та збагачення біорізноманіття*, 99, 173–179.] (in Ukrainian)
- Chornij, M., & Shparyk, Y. (2025). Primeval and quasi-primeval forests of the Carpathian National Nature Park: Diversity, dynamics, management. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 28, 99–111. doi.org/10.15421/412508 [Чорній, М. С., Шпарик, Ю. С. (2025). Праліси і квазіпраліси Карпатського національного природного парку: різноманіття, динаміка, менеджмент. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 28, 99–111.] (in Ukrainian)
- Commarmot, B., Brändli, U.-B., Hamor, F., & Lavnyy, V. (2013). *Inventory of the largest primeval beech forest in Europe*. WSL. https://www.researchgate.net/publication/329019447_Inventory_of_the_largest_primeval_beech_forest_in_Europe_A_Swiss-Ukrainian_scientific_adventure
- Commarmot, B., & Hamor, F. D. (2005). *Natural forests in the temperate zone of Europe: Values and utilisation*. Swiss Federal Research Institute WSL.
- Debryniuk, Iu. M. (2011). Dieback of the spruce forests: Causes and consequences. *Scientific Bulletin of the Ukrainian State Forestry University*, 21(16), 32–38. nltu.edu.ua/nv/Archive/2011/21_16/index21_16.htm [Дебрінюк, Ю. М. (2011). Відмирання ялинових лісів: причини та наслідки. *Науковий вісник Українського державного лісотехнічного університету*, 21(16), 32–38.] (in Ukrainian)
- Debryniuk, V. Y., Matsapiak, L. F., Nechai, M. M., Zelenchuk, Ya. I., Kolyazhin, I. I., Lavnyy, V. V., ... Debryniuk, Iu. M. (2025). Forest-mensurational characteristics of *Picea abies* (L.) Karst. forest stands in the primeval forest groups of the Chyvhyno-Hryniavsky Mountains of the Verkhovynskyi National Nature Park. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 28, 157–188. <https://doi.org/10.15421/412513> [Дебрінюк, В. Ю., Мацап'як, Л. Ф., Нечай, М. М., Зеленчук, Я. І., Коляджин, І. І., Лавний, В. В., Миклуш, С. І., Сорока, М. І., Дебрінюк, Ю. М. (2025). Лісівничо-таксаційна характеристика лісостанів *Picea abies* (L.) Karst. у пралісових угрупованнях Чивчино-Гринявських гір НПП «Верховинський». *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 28, 157–188.] (in Ukrainian)
- Didukh, J. P., Chorney, I. I., & Budzhak, V. V. (2016). *Climatogenic changes in the plant world of the Ukrainian Carpathians*. Druk Art. [Дідух, Я. П., Чорней, І. І., Буджак, В. В. (2016). *Кліматогенні зміни в рослинному світі Українських Карпат*. Чернівці: Друк Арт. 280 с.] (in Ukrainian)
- Forest inventory sample plots. Establishing method. (2006). Corporate standard 02.02-37-476:2006. Ministry of Agrarian Policy of Ukraine. [Площі пробні лісовпорядні. Метод закладання. (2006). СОУ 02.02-37-476:2006. [Чинний від 2007-05-01]. Київ: Мінагрополітики України.] (in Ukrainian)
- Gamor, F. D., Dovganych, Y. O., Pokynchereda, V. F., Sukharyuk, D. D., Bundziak, Y. Y., Berkela, Y. Yu., ... Kabal, M. V. (2008). *The primeval forests of Transcarpathia: Inventory and management*. Carpathian Biosphere Reserve. [Гамор, Ф. Д., Довганич, Я. О., Покин'череда, В. Ф., Сухарюк, Д. Д., Бундзяк, Й. Й., Беркела, Ю. Ю., ... Кабаль, М. В. (2008). *Праліси Закарпаття. Інвентаризація та менеджмент*. Рахів:

- Карпатський біосферний заповідник. 86 с.] (in Ukrainian)
- Golubets, M. A. (1978). *Spruce forests of the Ukrainian Carpathians*. Naukova dumka. [Голубець, М. А. (1978). *Ельники Українських Карпат*. Київ: Наукова думка. 262 с.] (in Russian)
- Instruction on design, technical acceptance, accounting and quality assessment of forestry objects. (2010). State Committee of the State Forest Service of Ukraine. http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=62052 [Інструкція з проектування, технічного приймання, обліку та оцінки якості лісокультурних об'єктів. (2010). Київ: Державний комітет лісового господарства України. 74 с.] (in Ukrainian)
- Janda, P., Svoboda, M., Ва́че, R., Čada, V., Lynn, J., & Peck, J. E. (2014). Three hundred years of spatio-temporal development in a primary mountain Norway spruce stand in the Bohemian Forest, central Europe. *Forest Ecology and Management*, 330, 304–311. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.06.041>
- Jump, A. S., Hunt, J. M., & Peñuelas, J. (2006). Rapid climate change-related growth decline at the southern range edge of *Fagus sylvatica*. *Global Change Biology*, 12, 2163–2174. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2006.01250.x>
- Kalutsky, I. F., & Oliynyk, V. S. (2007). *Natural disturbance in the mountain and forest conditions of the Ukrainian Carpathians (windthrow, floods, soil erosion)*. Kamula. [Калуцький, І. Ф., Олійник, В. С. (2007). *Стихійні явища в гірсько-лісових умовах Українських Карпат (вітровали, наводки, ерозія ґрунту)*. Львів: Камула. 240 с.] (in Ukrainian)
- Lavnyy, V. (2008). Strategy of environmental protection management of primeval forest ecosystems in the Ukrainian Carpathians. *Green Carpathians*, 1–2, 33–35. <http://cbr.nature.org.ua/zk/zk2008.pdf> [Лавний, В. (2008). Стратегія природоохоронного менеджменту пралісових екосистем в Українських Карпатах. *Зелені Карпати*, 1–2, 33–35.] (in Ukrainian)
- Leibudgut, H. (1993). *European primeval forests: A guide to near-natural forestry*. Haupt. https://books.google.com.ua/books/about/Europ%C3%A4ische_Urw%C3%A4lder.html?id=tPV7PQAACA&redir_esc=y [Leibudgut, H. (1993). *Europäische Urwälder: Wegweiser zur naturnahen Waldwirtschaft*. Bern; Stuttgart; Wien: Haupt.] (in German)
- Manko, A., Voitkiv, P., & Nakonechnyi, Y. (2019). Virgin forests as an environmental, educational, and scientific object of the Ukrainian Carpathians. *Bulletin of the Lviv University: Series Geography*, 53, 210–219. <http://dx.doi.org/10.30970/vgg.2019.53.10668> [Манько, А., Войтків, П., Наконечний, Ю. (2019). Праліси як еколого-освітній і науково-пізнавальний об'єкт Українських Карпат. *Вісник Львівського університету: Серія географічна*, 53, 210–219.] (in Ukrainian)
- Myklush, S. I., Debrynyuk, Y. M., Zayachuk, V. Ya., Kramarets, V. O., Krynytskyi, H. T., Mazepa, V. G., ... Chaskovskyi, O. G. (2022). *Fundamentals of forestry*. Galician Publishing Union. https://manusbook.com/9097_Basics_Forestry/index.html [Основи лісогосподарювання / С. І. Миклуш, Ю. М. Дебринюк, В. Я. Заячук, В. О. Крамарець, Г. Т. Криницький, В. Г. Мазепа, О. Б. Михайлів, Л. С. Осадчук, М. І. Сорока, О. Г. Часковський; за ред. проф. Ю. М. Дебринюка. Львів: Галицька видавнича спілка, 2022. 824 с.] (in Ukrainian)
- Parpan, V. I., & Stoyko, S. M. (1999). Beech primeval forests of the Ukrainian Carpathians: Protection and cenotic structure. *Scientific Notes of the Institute of Ethnology of the National Academy of Sciences of Ukraine*, 4, 81–86. [Парпан, В. І., Стойко, С. М. (1999). Букові праліси Українських Карпат: охорона та ценотична структура. *Наукові записки Інституту народознавства НАН України*, 4, 81–86.] (in Ukrainian)
- Shparyk, Y. S., Krynytskyi, H. T., & Debryniuk, Iu. M. (2020). Trends of dynamics in the site conditions types and species composition of the forest stands in the Ukrainian Carpathians caused by climate changes. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 20, 82–92. <https://doi.org/10.15421/412008> [Шпарик, Ю. С., Криницький, Г. Т., Дебринюк, Ю. М. (2020). Тенденції динаміки типів лісорослинних умов і породного складу деревостанів Українських Карпат у зв'язку зі змінами клімату. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 20, 82–92.] (in Ukrainian)
- Shparyk, Y. S., Losyuk, V. P., & Plyha, A. V. (2021). The state and structure of virgin forests in the Ukrainian Carpathians according to the monitoring results. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 22, 77–88. <https://doi.org/10.15421/412106> [Шпарик, Ю. С., Лосюк, В. П., Плига, А. В. (2021). Стан і структура пралісів Українських Карпат за результатами моніторингу. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 22, 77–88.] (in Ukrainian)
- Shparyk, Y., Viter, R., & Shparyk, V. (2020). Structural changes of the common beech (*Fagus sylvatica* L.) virgin forest in the context of climate-smart forestry. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*, 11(1), 87–97.

- <https://doi.org/10.31548/forest2020.01.087>
[Шпарик, Ю. С., Вітер, Р. І., Шпарик, В. Ю. (2020). Структурні зміни букового (*Fagus sylvatica* L.) пралісу в контексті кліматично орієнтованого лісівництва. *Український журнал лісівництва та деревинознавства*, 11(1), 87–97.] (in Ukrainian)
- Shukla, P. R., Skea, J., Slade, R., van Diemen, R., Haughey, E., Malley, J., Pathak, M., & Portugal Pereira, J. (Eds.). (2019). Technical summary. In *Climate change and land: An IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems*.
https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/4/2019/11/03_Technical-Summary-TS.pdf
- Stoyko, S. M. (2013). Beech primeval forests of the Carpathians as an object of the World Heritage List. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 11, 17–24.
<http://fasu.nltu.edu.ua/index.php/nplanu/article/view/320/240>
[Стойко, С. М. (2013). Букові праліси Карпат як об'єкт світової природної спадщини ЮНЕСКО. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 11, 17–24.] (in Ukrainian)
- Stoyko, S. M. (2002). Primeval forest ecosystems of Ukraine, their multifaceted importance and protection. *Forestry Academy of Sciences of Ukraine: Scientific Works*, 1, 27–31.
[Стойко, С. М. (2002). Пралісові екосистеми України, їх багатогранне значення та охорона. *Лісівнича академія наук України: Наукові праці*, 1, 27–31.] (in Ukrainian)
- Sukharyuk, D. D. (2006). Beech primeval forests of the Carpathian Biosphere Reserve: Distribution, cenotic structure, and monitoring. *Scientific Bulletin of Uzhgorod University: Biological Series*, 19, 91–95.
<https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/bitstream/lib/pdf>
[Сухарюк, Д. Д. (2006). Букові праліси Карпатського біосферного заповідника (поширення, центична структура, та моніторинг). *Науковий вісник Ужгородського університету: Серія біологічна*, 19, 91–95.] (in Ukrainian)
- Štefan, K. (1995). *The primeval forests of the Western Carpathians*. G. Fischer.
[Štefan, K. (1995). *Die Urwälder der Westkarpaten*. Stuttgart; Jena; New York: G. Fischer.] (in German)
- Ustymenko, P. M., Dubyna, D. V., Ziman, S. M., Tjukh, Y. Y., & Derbak, M. Y. (2012). Primeval beech forests in the territory of the Synevyr National Nature Park: State and prospects. *Black Sea Botanical Journal*, 8(4), 354–361.
https://geobot.org.ua/files/publication/466/chbj_2012_8_4_3.pdf
[Устименко, П. М., Дубина, Д. В., Зиман, С. М., Тях, Ю. Ю., Дербак, М. Ю. (2012). Букові праліси національного природного парку «Синевир»: стан та перспективи. *Чорноморський ботанічний журнал*, 8(4), 354–361.] (in Ukrainian)

Assessment of Natural Regeneration in Primeval Forest Communities of *Picea abies* (L.) Karst. in the Verkhovyna National Nature Park

V. Debryniuk¹, L. Matzapyak², M. Nechai³, I. Koliadzhyn⁴, V. Lavnyy⁵

Despite the negative impact of a range of abiotic factors, in particular climate change, an intensive process of natural regeneration of *Picea abies* (L.) Karst.

is taking place under the canopy of old-growth spruce forest stands of the Verkhovyna National Nature Park in the absence of direct anthropogenic influence. This

¹ Vasyl Debryniuk – post graduate student at the Department of Forestry. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprinka St., Lviv, 79057, Ukraine. E-mail: v.debryniuk@nltu.edu.ua ORCID: <http://orcid.org/0009-0005-3522-2652>. Research supervisor – Doctor of Agricultural Sciences, Professor Vasyl Lavnyy

² Liudmyla Matzapyak – Head of the Research Department of the National Nature Park “Verkhovynskyi”, the village of Verkhniy Yaseniv, Verkhovyna district, Ivano-Frankivsk region, 78712, Ukraine. E-mail: nppverhovuna@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-9862-0151>

³ Mykhailo Nechai – Director of the National Nature Park “Verkhovynskyi”, the village of Verkhniy Yaseniv, Verkhovyna district, Ivano-Frankivsk region, 78712, Ukraine. E-mail: nppverhovuna@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-4479-2307>

⁴ Ivan Koliadzhyn – civil defense specialist, metrology engineer of the Municipal Non-Profit Enterprise “Verkhovyna Multi-Profile Hospital” of the Verkhovyna Village Council, the village of Verkhovyna, Ivano-Frankivsk region, 78701, Ukraine. E-mail: ivan_ko@i.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6790-7051>

⁵ 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 Chuprinka St., Lviv, 79057, Ukraine. E-mail: lavnyy@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2069-9026>. Head of the project on the study of primeval forests.

indicates the self-regulating capacity of primeval forest ecosystems as reference natural objects.

Natural regeneration of *Picea abies* under the canopy of the studied old-growth spruce forest stands is mainly concentrated on fallen tree trunks at stage IV of decomposition. Its abundance varies depending on the developmental phase of the primeval forest community and a range of abiotic factors, approximately within the following limits: 1–8 (optimal phase), 10–12 (senescent (aging) phase), and 10–15 (decay phase) thousand individuals per hectare.

The trend in the abundance of advance regeneration with changes in the developmental phase of the stand is weakly expressed: 2.74–11.62, 8.28, and 3.70–11.22 thousand individuals per hectare, respectively. The main cause of the considerable variability in the amount of advance regeneration among plots is the varying intensity of herbaceous cover development. Herbaceous cover development is facilitated by good site illumination resulting from the formation of large canopy gaps. Similar to seedlings, advance regeneration (saplings) is mainly concentrated on fallen tree trunks at stage IV of decomposition. The success of the natural regeneration process largely depends on the volume of such coarse woody debris.

In contrast to the quantitative indicator, the relative proportion of changes in advance regeneration across different phases of forest stand development is traced quite clearly. In stands in the optimal developmental phase, the proportion of small-sized advance regeneration accounts for 82–96%; in stands in the senescent phase it is slightly lower (78%); while in stands in the decay phase this proportion is the lowest (50–60%). A reverse trend is observed for the proportion of medium-sized advance regeneration, which increases from 3 to 32%, and large-sized advance regeneration - from 1 to 20%. Thus, stands in the optimal developmental phase are characterized by the dominance of small-sized advance regeneration with minimal contributions from medium- and large-sized individuals. Under the canopy of stands in the decay phase, small-sized advance regeneration comprises approximately half of the total, while the remaining half is formed by medium- and large-sized advance regeneration.

A comparison of the structure of advance regeneration by height classes clearly demonstrates phase-related differences. Forest stands in the optimal de-

velopmental phase are characterized by the dominance of small-sized advance regeneration, whereas in the decay phase a relatively balanced distribution among all height classes is observed, accompanied by a substantial increase in the proportion of medium- and large-sized advance regeneration.

Alongside the advance regeneration of *Picea abies*, advance regeneration of *Sorbus aucuparia* L. also occurs under the canopy of primeval spruce forest stands, with its abundance exhibiting considerable variability. No clear trend in changes in rowan advance regeneration abundance in relation to stand developmental phases was identified: 3.1 and 4.3 thousand individuals per hectare (21 and 45%) in the optimal phase; 0.5 thousand individuals per hectare (6%) in the senescent phase; and 0.7 and 2.9 thousand individuals per hectare (16 and 21%) in the decay phase. Such variability may be attributed to the specific ecological role of the species, its dispersal strategy, and microrelief heterogeneity of the sample plots.

A fairly good condition of advance regeneration was recorded. Mechanical damage caused by abiotic factors was observed in the advance regeneration of both spruce and rowan, whereas damage caused by wild animals was more characteristic of rowan advance regeneration, primarily in the form of browsing of the terminal shoot. However, the proportion of such damage was low. Mechanical damage to spruce and rowan advance regeneration accounted for 2.1–9.6% and 1.9–10.9%, respectively, while damage caused by wild animals amounted to 0.5–6.6% and approximately 3%, respectively. An exception was sample plot No. 10, where the highest levels of damage to large-sized rowan advance regeneration caused by abiotic factors and wild animals were recorded, amounting to 8.3% and 16.3%, respectively.

Despite the negative impact of a number of abiotic factors, in particular climate change, it can be stated that an intensive process of natural regeneration of *Picea abies* is occurring under the canopy of primeval spruce forest stands in the absence of direct anthropogenic influence. This finding demonstrates the self-regulating capacity of primeval forest ecosystems and highlights the importance of their conservation as reference objects for forestry science.

Key words: forest stand; developmental stages; coarse woody debris; seedling regeneration; sapling layer; height classes; herbaceous cover.



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

<http://fasu.nltu.edu.ua>
<https://doi.org/10.36930/412522>
Article received 2025.07.14
Article revised 2025.11.17
Article accepted 2025.12.18
Article published 2026.03.12

ISSN 1991-606X print
ISSN 2616-5015 online
@ ✉ Correspondence author
Liubomyr-Oleksandr Debryniuk
l_debryniuk@nltu.lviv.ua
103 General Chuprynka St.,
Lviv, 79057, Ukraine

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 (CC BY 4.0) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)



УДК 630*187:548

Типологічна структура і продуктивність деревостанів грабово-соснових субучин і судібров Страдчівського навчально-виробничого ліскокомбінату

Л.-О. Ю. Дебринюк¹, О. Т. Данчук²

Досліджено вікові зміни запасу стовбурової деревини у чистих і мішаних деревостанах чотирьох типів лісу, де типотвірними деревними видами виступають *Pinus sylvestris* L., *Quercus robur* L. та *Fagus sylvatica* L.. На території лісового фонду Страдчівського НВЛК свіжа та волога грабово-соснові судіброви посідають площу 1091,3 га, а свіжа та волога грабово-соснові субучини – 1170,9 га, що становить, відповідно, 17,1 і 18,3% вкритих лісовою рослинністю земель.

Встановлено, що до 60-річного віку варіабельність запасу деревини в аналізованих лісостанах невисока, що зумовлено відсутністю істотного лісогосподарського впливу на них. Після 60 років варіабельність показника запасу деревини істотно зростає, що зумовлено, насамперед, антропогенним впливом, який підсилюється негативною дією біотичних та абіотичних чинників.

У сосново-дубових деревостанах за різної частки дуба у складі (5-10 од.) максимальне нагромадження запасу досягається у віці 90-100 років, після чого показник помітно зменшується. Найістотніше зменшення запасу деревини після 90-річного віку спостережено у чистих дубових лісостанах. Найвищими запасами відзначаються деревостани за участю дуба у складі 5 од. (до 450 м³·га⁻¹). У віці 130-140 років трапляються окремі сосново-дубові лісостани, запаси яких становлять 400-450 м³·га⁻¹.

¹ Дебринюк Любомир-Олександр Юрійович – аспірант. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. E-mail: l_debryniuk@nltu.lviv.ua ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-5347-7964> Науковий керівник – доктор біологічних наук, професор Г.Т. Криницький. E-mail: krynytsk@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7020-9991>

² Данчук Олег Тадейович – член-кореспондент Лісівничої академії наук України, кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри лісових культур і лісової селекції. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. E-mail: oleg_danchuk@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2059-5446>

У віковій зміні запасу буково-соснових деревостанів прослідковується загальна тенденція – чим більша частка бука лісового у складі, тим запас деревостану менший. Найвищі запаси деревини спостережено у деревостанах, де частка бука становить 10% ($430-450 \text{ м}^3\text{-га}^{-1}$). Чим менша участь бука у складі, тим більша частка сосни. Сосна звичайна, як швидкорослий деревний вид, формує основний запас деревини. Порівняння запасів деревини у сосново-букових лісостанах з різною часткою бука лісового у складі засвідчує децю вищу продуктивність деревостанів впродовж всього досліджуваного вікового діапазону, в складі яких менша частка листяного деревного виду.

Ключові слова: Українське Розточчя; сосна звичайна; дуб звичайний; бук лісовий; мішані лісостани; типи лісорослинних умов; типи лісу; запаси деревини.

Вступ (Introduction).

Українське Розточчя представляє собою особливий природно-географічний регіон у західній частині України, де своєрідні кліматичні, оротографічні та ґрунтові умови і географічне положення сприяють формуванню мішаних лісів за участю різних деревних видів. На відносно невеликій території регіону поєднуються риси рівнинних і височинних ландшафтів, а також спостерігаються впливи різних кліматичних зон. Різноманітність лісорослинних умов сприяють формуванню високопродуктивних мішаних лісостанів за участю сосни звичайної, дуба звичайного та бука лісового – грабово-дубово-соснових, грабово-буково-соснових, у складі яких може переважати не лише сосна, але й листяні види. Таким деревостанам притаманні високий рівень продуктивності та біотичної стійкості (Шевченко, 1972; Базюк-Дубей, 2012; Зварич та ін., 2016; Myklush та ін., 2021; Криницький та ін., 2021, 2024; Дебринюк, Данчук, Криницький, 2025).

Ліси, що перебувають у віданні Страдцівського навчально-виробничого лісокомбінату (Страдцівський НВЛК) розташовані в межах Українського Розточчя. Район віднесено до лісотипологічної області сирого груду 4d, для якої характерний вологіший клімат порівняно з іншими районами Подільської височини. Різноманітність лісорослинних умов зумовила формування у лісостанах регіону значної кількості типів лісу. Так, у Розточансько-Опільському лісотипологічному районі виділено 25 типів лісу (Остапенко, Ткач, 2022; Ткач, Тарнопільська, Орлов, 2025), що свідчить про значну різноманітність видового складу лісостанів. Зокрема, у лісовому фонді Страдцівського НВЛК сформувалося 30 типів лісу, серед яких за площею переважає свіжий грабово-дубово-сосновий сугруд. Цей тип лісу займає площу 1579,1 га або 25,45% вкритих лісовою рослинністю ділянок (Яхницький, Делеган, 2021).

За результатами попередніх досліджень (Гаврусевич, 1960; Остапенко, Федець, Пастернак, 1998; Дебринюк, 2003), саме в Українському Розточчі формуються корінні високопродуктивні чисті та мішані лісостани за участю сосни звичайної, дуба зви-

чайного, бука лісового як природного, так і штучного походження. У низці робіт (Гаврусевич, 1958, 1960; Дебринюк, 2001, 2003; Дебринюк, Копій, Придка, 2009; Зварич та ін., 2016; Яхницький, Делеган, 2021; Myklush et al., 2021, 2022; Криницький та ін., 2024) подано лісівничо-таксаційну характеристику лісостанів Українського Розточчя стосовно типів лісорослинних умов і типів лісу, а також історичні, кліматичні та геоморфологічні характеристики території.

Лісорослинні умови Страдцівського НВЛК є доволі сприятливими для формування високопродуктивних насаджень за участю сосни, дуба та бука. Проте внаслідок різного складу деревостанів у різних типах лісу, інтенсивного ведення лісогосподарської діяльності, а також зміни клімату, запаси деревини, які нагромаджують як чисті, так і мішані лісостани цих типотвірних деревних видів, відзначаються високою варіабельністю (Дебринюк та ін., 2025).

Сосна звичайна (*Pinus sylvestris* L.) є головним деревним видом у низці типів лісорослинних умов – борах, суборах і сугрудах. Для соснових лісостанів характерні різні біологічні ендегенні чинники, поєднання яких визначає ріст, продуктивність і стійкість деревостанів (Дебринюк, 2003; Гром'як О., Гриник, Гром'як Ю., 2012; Криницька, 2015; Зварич та ін., 2016; Криницький та ін., 2021; Криницька, Яхницький, Крамарець, 2021). Сосна звичайна може добре рости у різних лісорослинних умовах, але найвищу продуктивність і біологічну стійкість виявляє у суборових і сугрудових умовах свіжих і вологих гір-топів (Гордієнко М., Гордієнко Н., 2005).

Більшість дослідників вказують на доцільність вирощування сосни у мішаних деревостанах Українського Розточчя як таких, що мають високу біотичну стійкість, відзначаються високою продуктивністю і довговічністю, виявляють сприятливий вплив на фізико-хімічні властивості лісових ґрунтів (Криницька, 2015; Зварич та ін., 2016; Криницький та ін., 2021; Яхницький, Делеган, 2021). Мішані соснові насадження характеризуються інтенсивнішим ростом, ніж чисті (Гордієнко М., Гордієнко Н., 2005; Гром'як О. Гриник, Гром'як Ю., 2012; Гриб, 2015;

Bauhus et al., 2017; del Río et al., 2017; Stefańska-Krzaczek et al., 2024).

У свіжих і вологих сугрудах кращим компонентом соснових деревостанів є дуб звичайний (*Quercus robur* L.), який разом з опадом повертає в ґрунт близько 80% спожитих ним мінеральних елементів, і які може використовувати сосна звичайна для інтенсифікації свого росту (Криницька, 2015).

Низкою дослідників (Зварич та ін., 2016) відзначено високий запас деревостанів сугрудових і грудових типів лісорослинних умов Розточчя, які у віці 110-165 років сягають $378-733 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ за абсолютної повноти – $30,2-52,9 \text{ м}^2 \cdot \text{га}^{-1}$. В умовах свіжої і вологої грабово-соснових судібров формуються складні деревостани з дво- і триярусним лісовим наметом, у першому з яких ростуть сосна і дуб. За результатами досліджень Г.Т. Криницького та ін. (2021), фітоценотичні взаємовпливи для сосни звичайної у грабово-дубово-соснових деревостанах є сприятливішими, ніж у сосново-букових, а індекс санітарного стану старовікових дубово-соснових деревостанів Розточчя змінюється в межах 1,3-2,6.

Особливе місце у структурі лісового покриву регіону займають буково-соснові та сосново-букові ліси, які формуються на межі перекриття ареалів *Pinus sylvestris* L. та *Fagus sylvatica* L. Ці лісостани займають відносно невеликі, але екологічно важливі площі у структурі лісового фонду Українського Розточчя, трапляючись мозаїчно, часто – у вигляді окремих ділянок серед бучин або соснових лісів, будучи найчастіше приуроченими до свіжих і вологих сугрудів на схилих ділянках з помірно родючими дерново-підзолистими ґрунтами з вмістом карбонатів (Гаврусевич, 1958, 1960; Дебринюк, 2003; Дебринюк та ін., 2009; Криницький та ін., 2024).

Бук лісовий у межах Розточчя досягає східної межі свого суцільного поширення, тоді як сосна звичайна тут представлена як корінними, так і похідними насадженнями. Саме в таких перехідних умовах формуються мішані буково-соснові та сосново-букові лісостани, приурочені переважно до свіжих і вологих сугрудів. Буково-соснові та сосново-букові ліси виконують важливі екологічні функції, серед яких регулювання водного режиму, збереження біорізноманіття, формування сприятливого мікроклімату. Вони є осередками високого флористичного різноманіття, поєднуючи елементи бореальної та неморальної флори (Сорока, 1998, 2008). Утворення і поширення буково-соснових лісів пов'язане з історичним формуванням природних ареалів цих деревних видів і природною динамікою лісових угруповань (Myklush et al., 2021, 2022; Ткач та ін., 2024; Konatowska et al., 2026). Наявність у межах одного деревостану двох лісотвірних деревних видів з різними екологічними вимогами зумовлюють специфічні фітоценотичні взаємовпливи, формують

характерне надґрунтове вкриття та своєрідний гетеротрофний комплекс (Криницький та ін., 2021; Криницька та ін., 2021).

Найчастіше сосново-букові та буково-соснові ліси ростуть на свіжих вологих ґрунтах з помірно родючістю, запаси стовбурової деревини в яких можуть сягати близько $500 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$. Myklush et al. (2022) характеризують букові лісостани за участю *Pinus sylvestris* як окремий тип лісових угруповань Розточчя. Водночас на продуктивність таких деревостанів значний вплив мають сучасні лісівничі практики господарювання у них, в т.ч. і запровадження лісовідновних процесів. Дослідниками (Myklush et al., 2021) здійснено детальний аналіз площ та наведено таксаційну характеристику буково-соснових лісів Розточчя, оцінено їхню вікову структуру, продуктивність і типи місцезростань, дано рекомендації щодо раціонального управління такими лісами.

Konatowska et al. (2026) розглядають сумісність та фітоценотичну структуру *Pinus sylvestris* і *Fagus sylvatica* у мішаних лісах Центральної Європи на північно-східному краю ареалу бука лісового. Дослідження є важливими з погляду порівняльної екології мішаних сосно-букових лісів у регіоні, наслідків ведення лісового господарства в них та планування змін під кліматичним тиском.

Дубово-соснові та буково-соснові ліси Розточчя мають не лише експлуатаційну, але й високу наукову і практичну цінність, оскільки відображають історичну динаміку рослинного покриву, сучасні сукцесійні процеси та реакцію лісових екосистем на дію природних й антропогенних чинників. Незважаючи на наявність узагальнених регіональних досліджень з цього питання, вивчення продуктивності лісів за участю сосни, дуба і бука в межах окремої лісогосподарської одиниці є актуальним завданням. Аналіз останніх досліджень та публікацій свідчить про те, що встановлення продуктивності деревостанів у різних типах лісу Українського Розточчя має, насамперед, важливі науково-практичні аспекти, які зумовлені комплексною дією біотичних, абіотичних та антропогенних чинників, що особливо проявляються в умовах зміни клімату.

У зв'язку з суттєвими проявами зміни клімату в сучасних умовах, інтенсивним лісочисленням, зростаючим антропогенним навантаженням на довкілля, збереження та відтворення унікальних мішаних лісостанів Українського Розточчя за участю сосни, дуба і бука, запровадження ведення господарства в таких лісах на засадах наближеного до природи лісівництва є актуальним і невідкладним лісівничим завданням.

Мета роботи – проаналізувати поширеність соснової, дубової і букової груп типів лісу у лісовому фонді Страдцівського НВЛК, встановити вікові зміни запасу стовбурової деревини у чистих і

мішаних лісостанах за участю лісотвірних деревних видів – сосни звичайної, дуба звичайного та бука лісового.

Об'єкти і методика дослідження (Objects and methods).

Об'єкт дослідження – нагромадження деревини чистими і мішаними лісостанами за участю *Pinus sylvestris*, *Quercus robur* та *Fagus sylvatica* у судібровах і субучинах Страдчівського НВЛК. *Предмет дослідження* – запаси стовбурової деревини у лісостанах за участю сосни, дуба і бука залежно від типу лісу, віку деревостану та участі деревних видів у складі.

Для виконання мети роботи використано такі методи досліджень: *рекогносцирувальні* – для встановлення площі і розташування на місцевості лісостанів за участю сосни, дуба і бука; *лісівничо-таксаційні* – для визначення таксаційних характеристик деревостанів; *порівняльної екології* – для уточнення типу лісорослинних умов і типу лісу.

Для аналізу динаміки запасу деревини у лісостанах підприємства вибрано по два найпоширеніших типи лісу у дубовій і буковій групах. Так, у дубовій групі типів лісу (індекси – $C_2\text{-}g\text{-}cД$ і $C_3\text{-}g\text{-}cД$) здійснено аналіз запасу стовбурової деревини у сосново-дубових деревостанах, де участь дуба у складі змінюється від 5 до 10, сосни – від 1 до 4 одиниць. Частка інших головних і супутніх деревних видів у складі деревостанів не перевищує 30%.

У буковій групі типів лісу (індекси – $C_2\text{-}g\text{-}cБк$ і $C_3\text{-}g\text{-}cБк$) здійснено аналіз запасу стовбурової деревини у сосново-букових і буково-соснових деревостанах у дещо ширшому діапазоні – участь бука у складі змінюється від 1 до 10 одиниць, участь сосни – від 1 до 9 одиниць. Участь інших головних і супутніх деревних видів у складі деревостанів становить 10-70%.

У межах зазначених типів лісу в складі деревостанів, окрім сосни, дуба і бука беруть участь також інші деревні види – ялина європейська (*Picea abies* (L.) Karst.), модрина європейська (*Larix decidua* Mill.), граб звичайний (*Carpinus betulus* L.), липа дрібнолиста (*Tilia cordata* Mill.), береза повисла (*Betula pendula* Roth.), клен гостролистий (*Acer platanoides* L.), клен-явір (*Acer pseudoplatanus* L.), в'яз шорсткий (*Ulmus glabra* Huds.), осика (*Populus tremula* L.).

Аналізовані сосново-дубові деревостани поділено на шість груп залежно від частки у їх складі дуба звичайного (5Дз+...10Дз), а сосново-букові і буково-соснові – на десять груп залежно від частки у породному складі бука лісового (1Бкл+...10Бкл). Вік деревостанів, залучених до аналізу, становив 10-170 років.

Для уточнення типів лісу на ділянках досліджень використано загальноприйняті у лісівництві методичні підходи (Герушинський, 1996; Дебринюк, 2003; Остапенко, Ткач, 2002; Ткач, Тарнопільська, Орлов, 2024).

Таблиця 1. Реєстр і поширення типів лісу на території Страдчівського навчально-виробничого лісокомбінату

Table 1. Register and distribution of forest types within the territory of the Stradch Educational and Production Forestry Complex

Назва типу лісу	Індекс типу лісу	Площа типу лісу, га / %
Букова група типів лісу		
Свіжа грабово-соснова субучина	$C_2\text{-}г\text{-}cБк$	1126,4 / 17,6
Волога грабово-соснова субучина	$C_3\text{-}г\text{-}cБк$	44,5 / 0,7
Свіжа грабова бучина	$D_2\text{-}гБк$	1240,9 / 19,4
Волога грабова бучина	$D_3\text{-}гБк$	129,3 / 2,0
Всього		2541,1 / 39,7
Соснова група типів лісу		
Свіжий сосновий бір	$A_2\text{-}C$	3,7 / 0,1
Свіжий дубово-сосновий субір	$B_2\text{-}дC$	227,9 / 3,6
Свіжий буково-сосновий субір	$B_2\text{-}бкC$	1,2 / –
Вологий дубово-сосновий субір	$B_3\text{-}дC$	12,5 / 0,2
Сирий дубово-сосновий субір	$B_4\text{-}дC$	4,2 / 0,1
Свіжий грабово-дубово-сосновий сугруд	$C_2\text{-}г\text{-}дC$	1639,4 / 25,6
Вологий грабово-дубово-сосновий сугруд	$C_3\text{-}г\text{-}дC$	541,0 / 8,5
Всього		2429,9 / 38,1
Дубова група типів лісу		
Свіжа грабово-соснова судіброва	$C_2\text{-}г\text{-}cД$	470,9 / 7,4
Волога грабово-соснова судіброва	$C_3\text{-}г\text{-}cД$	620,4 / 9,7
Сира сосново-грабова судіброва	$C_4\text{-}г\text{-}cД$	14,0 / 0,2
Свіжа грабова діброва	$D_2\text{-}гД$	132,0 / 2,1
Свіжа букова діброва	$D_2\text{-}бкД$	35,6 / 0,6

Продовження таблиці 1

Назва типу лісу	Індекс типу лісу	Площа типу лісу, га / %
Волога грабова діброва	D3-гД	41,1 / 0,6
Волога букова діброва	D3-бкД	36,7 / 0,6
Всього		1350,7 / 21,2
Вільхова група типів лісу		
Сира сувільшина	C4-Влч	70,2 / 1,0
Всього		70,2 / 1,0
Разом		6391,9 / 100,0

Результати (Results).

Із загальної площі земель лісогосподарського призначення Страдцівського НВЛК, яка становить 6742,0 га, вкриті лісовою рослинністю землі становлять 6391,9 га (табл. 1). Всього виділено чотири групи типів лісу, найпоширенішими є яких є дві – букова та соснова, кожна з яких посідає близько 40% площі всіх типів лісу.

Бори поширені фрагментарно на дерново-слабопідзолистих піщаних ґрунтах і представлені лише *свіжим сосновим бором* (A_2-C) з чистими сосновими деревостанами III класу бонітету та відносною повнотою 0,6.

Субори є середньо поширеними і представлені чотирма типами лісу. Найтипівішим тут є *свіжий дубово-сосновий субір* (B_2-dC), насадження якого сформувалися на дерново-слабопідзолистих глинисто-піщаних ґрунтах. Деревостани представлені сосною звичайною II-I (I^a) класів бонітету в першому ярусі, іноді з домішкою берези повислої. У другому ярусі росте дуб звичайний IV (III) бонітету. Частка дуба у складі є невисокою (в середньому до 10%). У цьому типі лісу формуються зазвичай чисті соснові деревостани в основному штучного походження.

На території лісового фонду Страдцівського НВЛК відзначено також рідкісний тип лісу – *свіжий буково-сосновий субір*. Тут бук лісовий виступає як домішка у дубово-соснових лісостанах внаслідок сусідства з буковими деревостанами, які ростуть суцільними масивами на схилових ділянках (Гаврусевич, 1960). На фрагментарне поширення типу лісу $B_2-бкC$ у межах Розточчя вказували також інші автори (Остапенко та ін., 1998). На території Українського Розточчя обліковано лише 36 га свіжого буково-соснового субору (Дебринюк, 2003).

Сугруди є найпоширенішим типом лісорослинних умов на території підприємства, займаючи понад 4,5 тис. га або майже 71% площі. У межах типу лісорослинних умов сформувалося вісім типів лісу. Найбільш розповсюдженим з них є *свіжий грабово-дубово-сосновий сугруд* (C_2-g-dC), який посідає площу більш як 1,6 тис. га (див. табл. 1). Деревостани типу лісу дво- або тріярусні: в першому ярусі зазвичай ростуть сосна звичайна I^a (I^b) класу бонітету з домішкою берези повислої та осики, у другому – дуб звичайний III бонітету з домішкою граба,

клена гостролистого, явора, у третьому – граб звичайний. За високої повноти другого ярусу дуб може бути відсутнім і тоді насадження формується як двоярусне. Участь дуба у складі деревостанів типу лісу становить переважно 10-20, рідко – 30-40%. Умови свіжого сугруду є оптимальними для формування високопродуктивних і стійких лісостанів з перевагою у складі сосни звичайної.

На території Страдцівського та Лелехівського лісництв Страдцівського НВЛК в умовах C_2-g-dC трапляються соснові лісостани природного походження віком 100-140 років. Вони характеризуються такими середніми показниками: склад – 7-9C31-3D31-2Гз + Бкл, Яв, Ялє, Бп, Клг, бонітет – I, повнота 0,6-0,7. Із похідних насаджень трапляються дубняки, сосняки та модрильники.

Ще одним поширеним типом лісу у сосновій групі є *вологий грабово-дубово-сосновий сугруд* (C_3-d-gC), який займає нижні частини схилів з дерново-слабопідзолистими оглеєними ґрунтами, що сформувалися на водно-льодовикових супіщаних відкладах. Корінні деревостани переважно тріярусні: у першому ярусі – сосна звичайна I^a (I) класу бонітету з домішкою берези повислої, в другому – дуб звичайний II (III) бонітету з домішкою липи, клена, явора, бука, ялини, в третьому – граб, часто з домішкою деревних видів, які переважно складають другий ярус.

Порівняно з умовами свіжого сугруду, умови росту для сосни звичайної дещо погіршуються, її бонітет зазвичай знижується на I клас. Поряд з цим, покращується ріст дуба звичайного, умови зволоження для якого тут оптимальні. На території Страдцівського НВЛК у цьому типі лісу збереглися 100-135-річні дубово-соснові насадження, де частка сосни у складі становить 80-100%. Незважаючи на дещо гірші умови порівняно зі свіжими типами, перестійні соснові деревостани характеризуються високою біотичною стійкістю.

У дубовій групі встановлено два найпоширеніші типи лісу, де головними типотвірними деревними видами є сосна звичайна і дуб звичайний. Так, *свіжа грабово-соснова судіброва* (C_2-g-cD) поширена на площі 470 га або 7,4%. Деревостани цього типу лісу сформувалися на дерново-слабопідзолистих супіщаних або глинисто-піщаних ґрунтах з про-

шарками суглинків та супісків. Перший ярус корінних насаджень посідає сосна звичайна I^a (I) класу бонітету, другий – дуб звичайний II-III бонітету з домішкою граба, черешні, клена, явора, липи, третій – граб звичайний. У цьому типі лісу окремі дерева дуба звичайного можуть сягати першого ярусу деревостану.

Частка дуба у складі корінних насаджень становить в середньому 60-80, сосни – 20-30, граба та інших порід – до 10%.

Тип лісу – *волога грабово-соснова судіброва (С₃-г-сД)* серед сугрудових типів лісу є найсприятливішим для росту дуба звичайного. Він займає переважно нижні частини схилів з дерново-слабопідзолистими глинистими або супіщаними ґрунтами на флювіогляціальних відкладах. За шкалою Б.Ф. Остапенка та ін. (1998), тип лісу має середню поширеність – близько 620 га або 9,7% площі типів лісу Страдцівського НВЛК.

У цьому типі лісу формуються дво- або триярусні деревостани. Перший ярус представлений сосною звичайною I (I^a) класу бонітету, другий – дубом звичайним II бонітету з домішкою бука, берези, клена, липи, явора, третій – грабом звичайним з домішкою клена, липи, явора. На території Страдцівського лісництва в цьому типі лісу є низка 110-150-річних грабово-сосново-дубових насаджень, де частка дуба становить 70-90, а сосни – 5-10%. Обидва лісотвірні деревні види тут ростуть в одному ярусі.

Загальна площа лісових земель Українського Розточчя, на яких ростуть сосново-букові та буково-соснові лісостани, становить 8204,5 га. З них, 6246,5 га або 76,1% зайняті деревостанами природного походження, 1890,8 га (23,1%) – лісовими культурами, 5,5 га (0,1%) – рідколіссями, 20,0 га (0,2%) – насадженнями природного походження зі створенням часткових лісових культур і 41,2 га (0,5%) – незімкнутими лісовими культурами (Криницький та ін., 2024).

Основними едифікаторами буково-соснових і сосново-букових лісів є *Pinus sylvestris* та *Fagus sylvatica*. Залежно від типу лісорослинних умов та історії формування насаджень, один з цих деревних видів може домінувати у першому ярусі. Як домішка, у складі деревостанів сосни і бука найчастіше трапляються *Carpinus betulus* L., *Quercus robur* L., *Acer pseudoplatanus* L., *Acer platanoides* L.

Лісостани букової групи типів лісу, де корінними деревними видами у складі є сосна звичайна та бук лісовий, представлені двома типами лісу – *свіжою та вологою грабово-сосновими субучинами (С₂-г-сБк і С₃-г-сБк)*. Тип лісу *С₂-г-сБк* є більш поширеним, ніж *С₃-г-сБк*, як на території Страдцівського НВЛК (див. табл. 1), так і на території Українського Розточчя загалом (Дебринюк, 2003). За раніше наведеними даними (Гаврусевич, 1958), волога сосново-грабова субучина на території Розточчя займає невеликі ділянки понижень на горбистих плато, трапляючись тут фрагментарно. У лісовому фонді підприємства цей тип лісу займає менше 1% вкритих лісовою рослинністю земель.

На відміну від вологої, свіжа грабово-соснова субучина на території Страдцівського НВЛК є доволі розповсюдженою, займаючи третє місце (17,6%) за поширеністю серед 19 типів лісу.

Структура таких деревостанів зазвичай є простою або помірно складною, з одним-двома, рідко – трьома ярусами. На слабопорушених антропогенною діяльністю ділянках спостережено формування підросту бука під наметом сосни, що свідчить про суцесійні тенденції до посилення ролі неморальних деревних видів.

З метою аналізу зміни запасу деревини у деревостанах різного віку в межах характеризованих типів лісу, де лісотвірними деревними видами є *Pinus sylvestris*, *Quercus robur* та *Fagus sylvatica*, використано лісовпорядні дані більше 450 ділянок лісового фонду (табл. 2). Аналізу підлягали всі наявні виділи деревостанів у чотирьох типах лісу, вік яких становив 10 років і більше.

Таблиця 2. Кількість лісових ділянок (виділів), залучених для дослідження, шт.

Table 2. Number of forest plots (subcompartments) involved in the study, pcs.

Участь головного деревного виду у складі деревостану, %	Індекси і площа типів лісу, га				Разом
	С ₃ -г-сД; 620,4	С ₂ -г-сД; 470,9	С ₂ -г-сБк; 1126,4	С ₃ -г-сБк; 44,5	
10	–	–	88	4	92
20	–	–	34	3	37
30	–	–	7	4	11
40	–	–	11	5	16
50	30	39	12	–	81
60	21	30	3	–	54
70	15	34	5	–	54
80	10	34	9	–	53
90	13	17	5	–	35
100	7	11	3	–	21
Всього	96	165	177	16	454

Якщо кількість ділянок, залучених для дослідження у свіжих типах лісу була загалом доволі значною, то ділянок у вологих типах лісу налічується значно менше, особливо – в умовах *Сз-г-СБк*. Вірогідно, невеликі площі вологого гігратопу, порівняно зі свіжим, зумовлені кліматичними змінами, внаслідок прояву яких відбулася ксерофітизація типів лісорослинних умов.

Найбільш повно ряд участі головного деревного виду (*Fagus sylvatica*) у складі деревостанів (1-10 од.) представлений для свіжої грабово-соснової субучини, площа якої є найбільшою серед чотирьох аналізованих типів лісу.

Для обох судібровних типів лісу ряд участі в складі головного деревного виду (*Quercus robur*) охоплює діапазон лише в межах 5-10 одиниць. При цьому ділянок свіжої судіброви, залучених для аналізу, в 1,7 рази більше порівняно з вологою судібровою.

Найменше на території лісового фонду Страдцівського НВЛК виявлено ділянок вологої субучини (16 шт.), що не дає підстав для науково обґрунтованих висновків щодо продуктивності деревостанів через обмежену кількість даних.

В умовах свіжої грабово-соснової судіброви вікові зміни запасу стовбурової деревини на одиницю площі за 50-90%-ої участі дуба в складі деревостанів відзначаються загалом подібним трендом за винятком чистих дубових лісостанів (рис. 1). Деревостани за участю 5-9 од. дуба в їхньому складі загалом рівномірно охоплюють весь досліджуваний віковий ряд (10-150 років). Проте найбільша кількість сосново-дубових деревостанів зосереджена у віковому проміжку 90-130 років і в цьому ж проміжку спостережено найвищі запаси стовбурової деревини.

Варто також зауважити високу варіабельність запасів деревини на 1 га впродовж цього вікового періоду. В окремих випадках розмах варіації дуже

високий. Наприклад, у 115-річному віці за 80%-ої участі дуба у складі сосново-дубового деревостану запас деревини змінюється від 180 до 360 м³·га⁻¹. За іншої участі дуба у складі варіабельність запасу дещо менша, проте все ж доволі висока. Причин такої високої варіабельності запасу деревини може бути декілька, серед яких інтенсивна лісогосподарська діяльність; всихання частини деревостану внаслідок зміни клімату і проведення санітарно-вибіркового рубок; наявності у складі сосново-дубових деревостанів швидкорослих високопродуктивних деревних видів (насамперед модрина), що сприяє підвищенню деревного запасу на одиницю площі.

Після досягнення сосново-дубовими деревостанами 130-140-річного віку запаси деревини починають знижуватися за різної участі дуба у складі, що зумовлено як віковими змінами, так і лісогосподарською діяльністю.

Дещо по іншому відбуваються вікові зміни запасу у чистих дубових деревостанах, що ростуть в умовах досліджуваного типу лісу (див. рис. 1). Якщо до 90 років фіксується стабільне збільшення запасів деревини у дубових деревостанах, то після цього віку спостережено різке зменшення запасу, що пов'язано, насамперед, з лісогосподарським впливом. Зменшення запасу деревини у лісостанах інших груп складу значно слабше. При цьому найвищими запасами відзначаються деревостани за участю дуба у складі в 5 од., запаси окремих з яких наближаються до 450 м³·га⁻¹. Відносно високі запаси деревини пояснюються наявністю сосни, рідше – модрина у складі дубових деревостанів, що є вирішальним чинником в інтенсивності нагромадження деревини у судібровних типах лісу.

У досліджених групах складу переважає висока тіснота зв'язку між віком та запасом сосново-дубових і дубових деревостанів ($r = 0,71-0,83$).

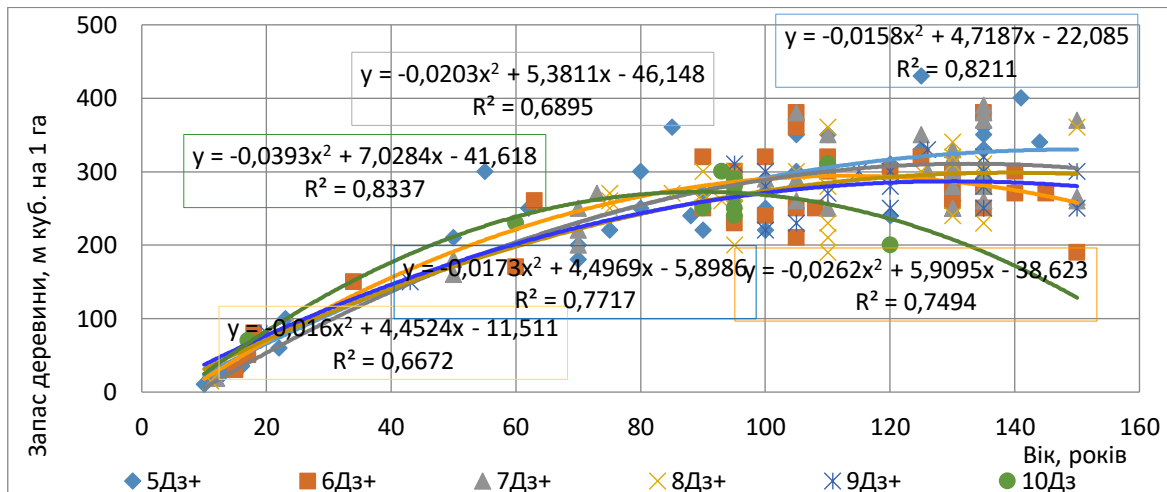


Рис. 1. Вікова зміна запасу стовбурової деревини у лісостанах *Quercus robur* за різної участі деревного виду у складі деревостану в умовах свіжої грабово-соснової судіброви

Fig. 1. Age dynamics of stemwood volume in stands of European oak with different participation of woody species in the stand composition in the conditions of fresh hornbeam-pine fairly fertile oak-forest type

В умовах вологої грабово-соснової судіброви лісотвірними деревними видами виступають сосна звичайна і дуб звичайний з перевагою листяного виду у складі деревостанів. Лісостанів з перевагою дуба у складі значно менше, ніж за перевагою сосни, що пов'язано з домінуванням хвойної породи над листяною як за швидкістю росту, так і за конкурентоздатністю.

Зміна запасу деревини зі збільшенням віку деревостанів відбувається відносно подібно за винятком деревостанів з 50%-ою участю дуба звичайного у складі (рис. 2). Загальна тенденція полягає у тому,

що максимального показника запасу всі аналізовані деревостани досягають у віці 90-100 років, після чого запас деревини дещо знижується. За результатами аналізу, найвищими деревними запасами відзначаються деревостани за 80%-ої участі дуба у складі. Дещо менші запаси притаманні деревостанам, де участь дуба становить 7 і 10 одиниць. Помітне зменшення запасів деревини у деревостанах з 50%-ою участю дуба після 80-річного віку пояснюється вибиранням сосни зі складу сосново-дубового деревостану з метою створення кращих умов для росту дуба звичайного.

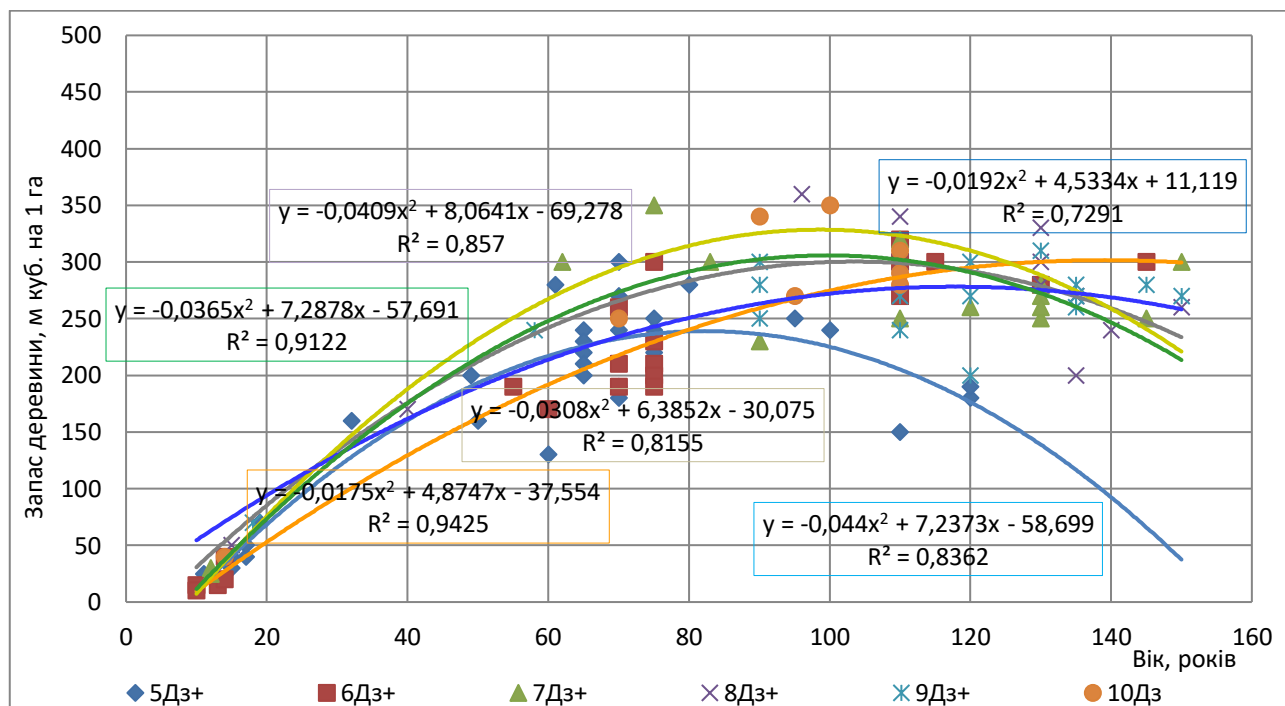


Рис. 2. Вікова зміна запасу стовбурової деревини у лісостанах *Quercus robur* за різної участі деревного виду у складі деревостану в умовах вологої грабово-соснової судіброви

Fig. 2. Age dynamics of stemwood volume in stands of European oak with different participation of woody species in the stand composition in the conditions of moist hornbeam-pine fairly fertile oak-forest type

Як і в умовах свіжої судіброви, звертає на себе увагу висока варіабельність запасів деревини, особливо – після 60-річного віку, що зумовлено передусім погіршенням санітарного стану лісостанів та наступним проведенням у них відповідних лісгосподарських заходів. Для прикладу, запаси деревини у деревостанах 70-річного віку за 60%-ої участі дуба у складі змінюються від 180 до 300 м³·га⁻¹. Фактичні значення запасів деревостанів залежать також від того, які інші деревні види, поряд з дубом, формують склад деревостану. Наявність у складі, окрім дуба, швидкорослих деревних видів (сосни, модрина) забезпечують формування значно вищих запасів деревини, ніж участь супутніх порід – граба, липи, клена.

Запаси деревини у лісостанах з перевагою дуба у складі помітно нижчі, ніж у деревостанах з

перевагою сосни. Відповідно, спостережено і меншу варіабельність за показником запасу. Так, у деревостанах 90-100-річного віку (склад 10Дз) запаси деревини змінюються в межах 270-350, а 130-річного віку (склад 8Дз+) – в межах 280-340 м³·га⁻¹ (див. рис. 2).

У деревостанах усіх груп складу (5Дз+...10Дз) встановлено високу і дуже високу тісноту зв'язку між віком та запасом деревини ($r = 0.73-0.94$).

Порівняння запасів деревини в умовах вологої та свіжої судібров засвідчує, що в умовах C_2 деревні запаси дещо вищі, ніж в умовах C_3 . Основним фактором, що спричиняє відмінності у запасах деревини таких деревостанів, є фактична частка сосни, як швидкорослої породи, у складі сосново-дубового деревостану. Окрім того, свіжі типи є сприятливішими для росту сосни звичайної, ніж вологі.

Вікова структура буково-соснових і сосново-букових лісів Розточчя характеризується переважанням середньовікових, стиглих і перестійних деревостанів. Значна частка таких лісостанів має природне походження, що позитивно позначається на їхній екологічній стійкості (Криницький та ін., 2024).

Продуктивність деревостанів за участю сосни і бука значною мірою залежить від співвідношення головних порід. У більшості випадків сосна звичайна є домінуючим деревним видом у складі, у зв'язку з чим, як у лісовому фонді Українського Розточчя, так і Страдцівського НВЛК переважають саме буково-соснові лісостани. Частка бука у складі таких лісостанів переважно невисока. Так, у лісовому фонді Страдцівського НВЛК у типі лісу *C₂-з-сБк* обліковано 177 деревостанів за участю сосни і бука віком більше 15 років. У 50% з них участь бука становить 1 од., у 19% – 2 одиниці. Значно більшу

частку у складі деревостанів посідають саме сосна та супутні листяні види.

Деревостани з перевагою бука у складі (60% і більше) становлять лише 14% від загальної кількості ділянок типу лісу. Перевага у складі деревостанів сосни звичайної зумовлена еколого-фітоценотичними особливостями деревного виду – світлолюбністю, високою швидкістю росту, невибагливістю до ґрунтових умов.

Аналізуючи вікові зміни запасу деревини у буково-соснових лісостанах, варто звернути увагу на варіабельність показника, починаючи з 60-річного віку (рис. 3). Таку варіабельність запасу спостережено для всіх деревостанів, де участь бука лісового становить 10-50%. Так, у деревостанах 65-75-річного віку за 40%-ої участі бука у складі показник запасу деревини на 1 га змінюється в межах 210-450 м³·га⁻¹, що, насамперед, залежить від складу деревостану, а також його повноти.

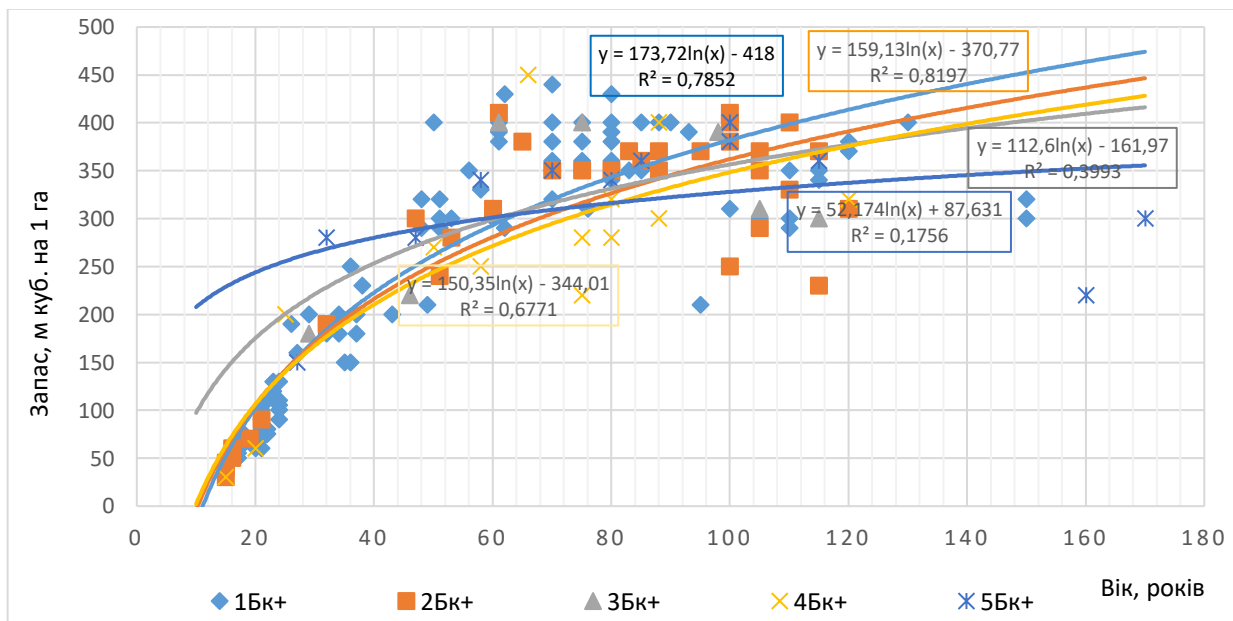


Рис. 3. Вікова зміна запасу деревини у буково-соснових лісостанах залежно від участі *Fagus sylvatica* у складі деревостану (індекс – *C₂-з-сБк*)

Fig. 3. Age-related changes in growing stock volume of beech–pine forest stands depending on the proportion of *Fagus sylvatica* in the stand composition

У зміні запасу деревини з віком у буково-соснових деревостанах прослідковується загальна тенденція – чим більша частка бука лісового у складі, тим запас деревостану менший. Найвищі запаси деревини спостережено у деревостанах, де частка бука становить 10%. Пояснення полягає в тому, що чим менша участь бука лісового та супутніх листяних деревних видів у складі деревостану, тим більша частка сосни звичайної, як

швидкорослого деревного виду та основного формувача запасу деревини.

Сосново-букових деревостанів в умовах свіжої грабово-соснової субучини Страдцівського НВЛК значно менше (14% від загальної кількості ділянок у типі лісу). У зв'язку з невеликою їхньою кількістю, вираженої тенденції у зміні запасу деревини у деревостанах з різною участю бука лісового у складі не спостережено (рис. 4).

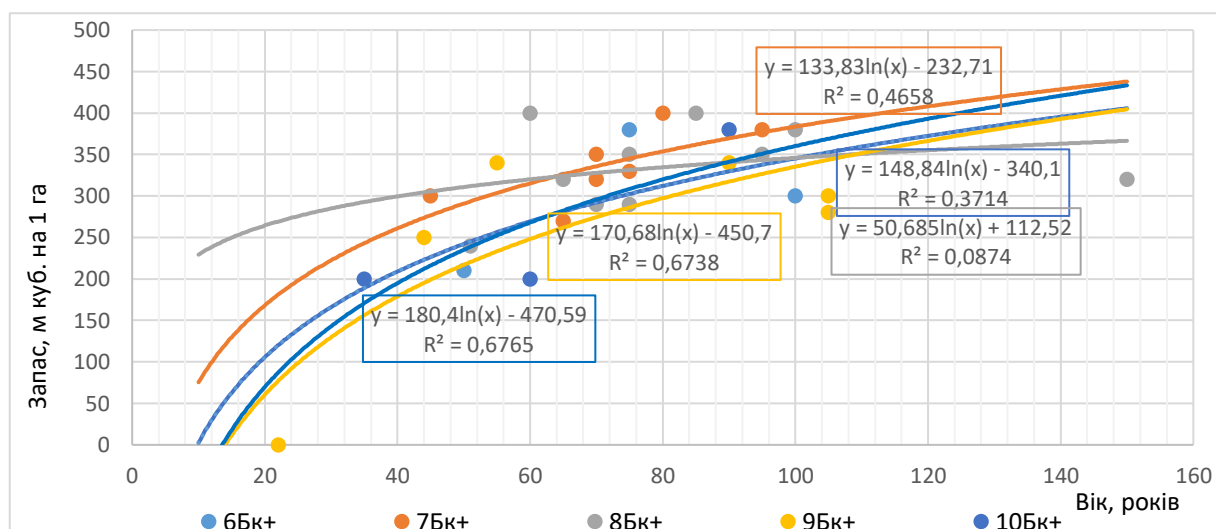


Рис. 4. Вікова зміна запасу деревини у сосново-букових лісостанах залежно від участі *Fagus sylvatica* у складі деревостану свіжої субучини (індекс – *C₂-з-сБк*)

Fig. 4. Age-related change in timber volume in pine-beech forest stands depending on the proportion of *Fagus sylvatica* in the stand composition of fresh fairly fertile beech-forest type

Порівняння запасів деревини у лісостанах з різною участю *Fagus sylvatica* у складі (див. рис. 3, 4) засвідчує дещо вищу продуктивність деревостанів впродовж всього досліджуваного вікового діапазону, в складі яких менша частка бука лісового.

Аналіз зміни запасу деревини у буково-соснових деревостанах вологої грабово-соснової субучини не виявив певної тенденції впродовж досліджуваного

вікового періоду у зв'язку з недостатньою кількістю спостережень (рис. 5). У типі лісу виявлено лише буково-соснові деревостани, де участь листяного деревного виду становить 1-4 одиниці.

Порівняння показників запасу деревини в умовах *C₂* і *C₃* за участю бука у складі на рівні 10-40% засвідчує помітно більші деревні запаси в умовах свіжої субучини (див. рис. 3, 5).

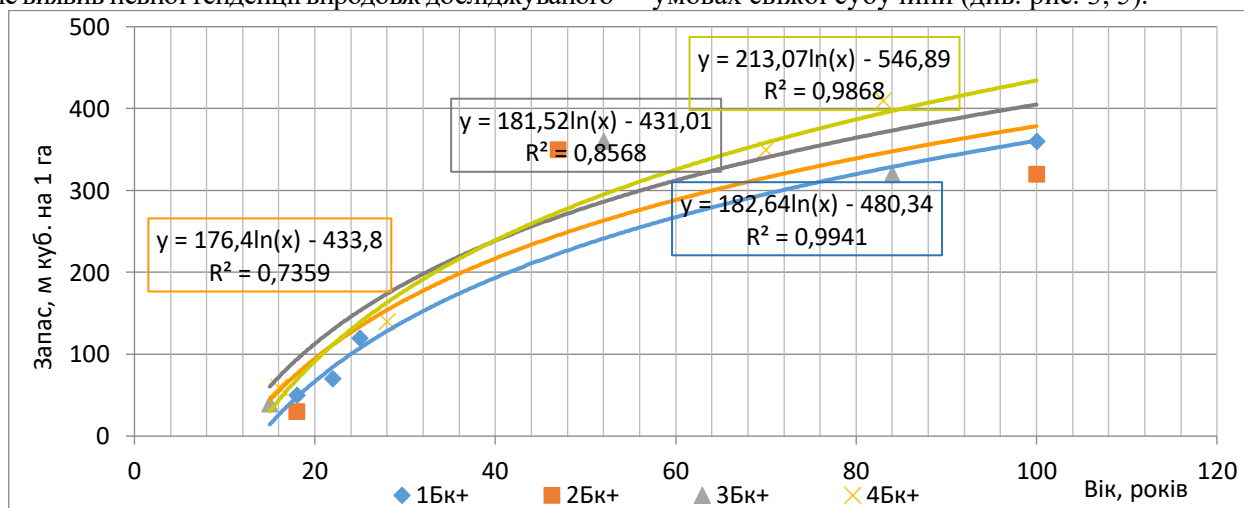


Рис. 5. Вікова зміна запасу деревини у сосново-букових лісостанах залежно від участі *Fagus sylvatica* у складі деревостану вологої субучини (індекс – *C₃-з-бкС*)

Fig. 5. Age-related change in timber volume in pine-beech forest stands depending on the proportion of *Fagus sylvatica* in the stand composition of moist fairly fertile beech-forest type

Дискусія (Discussion).

Деревні види родів *Quercus*, *Fagus* та *Pinus* є одними із найбільш економічно та екологічно значущими у лісах Європи (Özcelik, & Poyatos, 2025). За результатами досліджень багатьох авторів, мішані насадження є стійкішими з погляду дії на них негативних біотичних та абіотичних чинників (Bauhus et al., 2017; del Río et al., 2017; Stefańska-Krzaczek et al., 2024; Singh, & Zobel, 2025; Schmied

et al., 2025), краще відновлюються після пошкоджень (Metz et al., 2016), є продуктивнішими (Pretzsch, Forrester, & Bauhus, 2017; Jactel et al., 2018), забезпечують ширший спектр екологічних послуг (Heinrichs et al., 2019). Мішані лісостани, порівняно з чистими, продукують переважно більшу деревну масу (Pretzsch, & Schütze, 2016).

Поєднання світлолюбних і тіньовитривалих деревних видів у межах одного лісостану забезпечує

їхню високу продуктивність внаслідок ефективнішого використання світла (Jactel et al., 2018). З цього погляду формування буково-соснових чи сосново-букових деревостанів є ефективним лісівничим заходом, оскільки дає змогу, через поєднання в межах одного деревостану тіншовитривалого бука лісового і світлолюбної сосни звичайної, забезпечити формування складного дво- або триярусного деревостану. Такий деревостан найбільш ефективно використовує екологічні чинники – світло, вологу та ґрунтову родючість, що сприяє оптимальному розподілу фітомаси як у надземній, так і в підземній частинах лісового фітоценозу та, у підсумку – формуванню високопродуктивного і стійкого лісостану (Криницький та ін., 2021, 2024; Криницька та ін., 2021). Однак, якщо деревні види в межах одного деревостану мають подібні екологічні ознаки (вимоги до світла, вологи, родючості ґрунту тощо), то різко проявляються конкурентні взаємовідносини між ними і продуктивність лісостанів знижується (Aguirre, del Río, & Condés, 2019). Такі конкурентні відносини можуть проявлятися у разі формування насаджень за участю сосни звичайної та модрина європейської, які характеризуються дуже подібними вимогами до екологічних чинників (Дебринюк, 2003).

Іншим важливим аспектом, який широко дискутується в науковій літературі, є стійкість сосни і дуба до зміни клімату. Зазначено, що навіть в умовах сильної засухи, після проходження низових пожеж та прояву інших негативних кліматичних явищ сосново-дубові деревостани залишаються доволі стійкими (Singh, & Zobel, 2025). Отримано позитивний ефект від змішування дуба звичайного і сосни звичайної в умовах субгумідного клімату Баварії (Schmied et al., 2025), доведено доцільність збереження у складі соснових лісів листяних видів, зокрема дуба звичайного (Stefanska-Krzaczek et al., 2024). Встановлено, що зменшення холодного зимового стресу загалом сприяє росту сосни і дуба, хоча дубово-соснові насадження все ж залишаються доволі уразливими до потепління клімату (Gribbe et al., 2024), проте сосна звичайна виявилась чутливішою до зміни клімату, ніж дуб звичайний (Koval, & Bräuning, 2024). Markof, Popov & Dodev (2023) рекомендують у соснових рівнинних лісах Болгарії культивувати дуб звичайний як деревний вид, що добре пристосований до сухого клімату.

Дослідники (Pretzsch et al., 2017) вказують на недоцільність створення монокультур внаслідок їх пошкодження біотичними та абіотичними чинниками, особливо в період зміни клімату. Здійснений ними аналіз особливостей росту сосни звичайної та дуба звичайного у лісостанах Європи показав, що в середньому запас деревини у монокультурах сосни і дуба становив, відповідно, 436 та 360 м³·га⁻¹, а в мішаних деревостанах – 418 м³·га⁻¹.

Подібні значення запасу деревини у лісостанах за участю *Pinus sylvestris*, *Quercus robur* та *Fagus sylvatica* встановлено і в лісовому фонді Страдцівського НВЛК. Незважаючи на значну варіабельність запасу стовбурової деревини у деревостанах одного і того ж віку, тут наявні чисті і мішані лісостани за участю сосни, дуба і бука 100-150-річного віку, запаси деревини яких перевищують 350-400 м³·га⁻¹. За результатами останніх досліджень (Яхницький, Делеган, 2021), деревостани лісокомбінату відзначаються високою продуктивністю: до I-ІІ класів бонітету віднесено 71,2, до II – 24,5, до III-IV – лише 4,3% площі деревостанів. Для них також характерні високі повноти: деревостани з повнотою 0,7 і вище займають 66,2; 0,5-0,6 – 28,9; 0,4 і нижче – 4,9% площі лісостанів.

Типологічна неоднорідність лісових ділянок зумовлює значну варіабельність складу і структури деревостанів. Територія Страдцівського НВЛК характеризується різноманітними орографічними та ґрунтово-гідрологічними умовами, що зумовило формування на території лісового фонду значної кількості типів лісу. Дослідниками (Яхницький, Делеган, 2021) відзначено формування у лісовому фонді лісокомбінату 30 типів лісу, серед яких за площею переважають свіжий грабово-дубово-сосновий сугруд (25,5%) та свіжа грабова бучина (18,5%). Перевага цих двох типів лісу за площею підтверджена у попередніх роботах (Дебринюк та ін., 2009). Проте наявність такої значної кількості типів лісу підлягає сумніву. За результатами нашого аналізу, їх на території лісового фонду підприємства налічується не більше 20. Така невідповідність зумовлена тим, що лісовпорядкуванням внесено у таксаційні описи лісництв індекси типів лісу, які позначаються по різному, але ідентифікують один і той самий тип лісу (наприклад, *C₂-бкС* і *C₂-г-бкС*; *C₃-гБк* і *C₃-д-гБк*; *D₂-бкД* і *D₂-г-бкД* тощо). Внаслідок цього штучно збільшується кількість індексів типів лісу, які часто сприймають як окремі типи лісу.

Потрібно також звернути увагу на помилкові підходи щодо виділення сосново-букових типів лісу під час проведення лісовпорядкувальних робіт. За основу взято принцип переваги у складі деревостану одного із лісотвірних деревних видів – сосни звичайної або бука лісового. У разі переваги в складі сосни звичайної тип лісу визначають як свіжий чи вологий грабово-буково-сосновий сугруд (індекси – *C₂-г-бкС* або *C₃-г-бкС*). Якщо перевага у складі належить буку лісовому, то тип лісу визначають, як свіжа чи волога грабово-соснова суббучина (індекси – *C₂-г-сБк* або *C₃-г-сБк*). На нашу думку, в обох випадках йдеться про свіжу чи вологу грабово-соснову суббучину з відповідними індексами типів лісу.

Окремим, доволі спірним і дискусійним питанням є лісівничі засади формування на території

Українського Розточчя мішаних насаджень за участю двох лісотвірних деревних видів – *Pinus sylvestris* та *Fagus sylvatica*. Буково-соснові та сосново-букові ліси є важливим компонентом лісового покриву регіону, який відображає складну взаємодію природних і антропогенних чинників. Низка авторів (Myklush et al., 2021, 2022; Криницька та ін., 2021; Криницький та ін., 2024) характеризують буково-соснові та сосново-букові деревостани на території регіону як такі, що відзначаються високою біотичною стійкістю, продуктивністю та репродуктивною здатністю. Більшість таких лісостанів (6247 га) мають природне походження, значно меншу площу (1891 га) займають насадження штучного походження (Криницький та ін., 2024). Проте з цього приводу існують інші трактування. Так, М.І. Сорока (1988, 2008) припускає, що формування сосново-букових та буково-соснових деревостанів зумовлено штучним введенням *Pinus sylvestris* у букові типи лісу на початку минулого – наприкінці позаминулого століття. Принаймні, на схід від Львова ліси такого складу практично відсутні. Як рідкісний приклад, можна згадати описане А.М. Гаврусевичем (1958) 90-річне буково-соснове насадження, яке росло на території колишнього Золочівського лісгоспу (регіон Опілля) в умовах свіжої грабово-соснової субучини. Сосна тут росла за І^a, а бук – за І-ІІ класами бонітету.

На нашу думку, більш вірогідним є припущення щодо штучного походження сосново-букових чи буково-соснових лісостанів. Сосна, як більш швидко-росла порівняно з буком, порода, займає домінуюче положення у складі деревостану, формуючи буково-соснові лісостани. Наявні на сьогодні результати наукових досліджень дають змогу охарактеризувати територіальне поширення деревостанів за участю сосни і бука, їхній склад, структуру та продуктивність, однак наступні дослідження повинні бути спрямовані на поглиблене вивчення сукцесійних процесів, впливу кліматичних змін на динаміку участі сосни і бука у складі лісостанів, розробку оптимальних підходів до управління такими лісами.

Сучасні дослідження вказують на тенденцію до поступового посилення ролі бука у лісових фітоценозах внаслідок природної сукцесії та кліматичних змін. Вірогідно, подальші лісівничі заходи з формування мішаних лісостанів за участю сосни і бука полягають в обмеженні штучних посадок сосни в умовах, де природне поновлення хвойної породи, поряд з поновленням бука, є можливим, щоб зберегти стійкість лісового фітоценозу і природну структуру таких лісів. У цьому напрямі виникає необхідність забезпечення природного поновлення сосни і бука через правильне планування рубок та забезпечення проходження майбутніх регенераційних процесів.

Водночас антропогенний вплив, зокрема інтенсивне лісокористування і введення сосни штучним

шляхом в субучини може істотно вплинути в майбутньому на просторову структуру буково-соснових (сосново-букових) лісів.

У контексті сталого лісокористування буково-соснові та сосново-букові ліси можна розглядати як перспективні стійкі і високопродуктивні лісові екосистеми, в яких необхідно забезпечити збереження наявного підросту і підтримання процесу природного поновлення бука та сосни; обмежити введення сосни штучним шляхом в умовах грабово-соснових субучин; забезпечити у буково-соснових і сосново-букових лісах ведення лісового господарства на принципах наближеного до природи лісівництва.

Висновки (Conclusions).

1. На території лісового фонду Страдцівського НВЛК свіжа та волога грабово-соснові судіброви займають площу 1091,3 га, а свіжа та волога грабово-соснові субучини – 1170,9 га, що становить, відповідно, 17,1 і 18,3% вкритих лісовою рослинністю земель лісокомбінату.

2. У типах лісу, де лісотвірними деревними видами виступають *Pinus sylvestris*, *Quercus robur* і *Fagus sylvatica*, формуються мішані лісостани високої продуктивності. Найбільші запаси деревини притаманні деревостанам, частка сосни у складі яких найвища. Поряд з цим, запаси деревини у лісостанах досліджених типів лісу відзначаються значною варіабельністю.

3. Встановлено, що до 60-річного віку варіабельність запасу деревини в аналізованих лісостанах невисока, що зумовлено відсутністю істотного лісогосподарського впливу на деревостани. Після 60 років варіабельність показника запасу деревини істотно зростає, що викликано, насамперед, антропогенним впливом, який підсилюється негативною дією біотичних та абіотичних чинників.

4. У сосново-дубових деревостанах за різної частки дуба у складі (5-10 од.) максимальне нагромадження стовбурового запасу досягається у віці 90-100 років, після чого показник помітно зменшується. Найістотніше зменшення запасу деревини після 90-річного віку спостережено у чистих дубових лісостанах.

5. Найбільша кількість сосново-дубових деревостанів зосереджена у віковому проміжку 90-130 років. Найвищими запасами відзначаються деревостани за участю дуба у складі в 5 од. (до 450 м³·га⁻¹). У віці 130-140 років трапляються окремі сосново-дубові лісостани, запаси яких становлять 400-450 м³·га⁻¹.

6. У віковій зміні запасу буково-соснових деревостанів прослідковується загальна тенденція – чим більша частка бука лісового у складі, тим запас деревостану менший. Найвищі запаси деревини спостережено у деревостанах, де частка бука становить 10% (430-450 м³·га⁻¹). Чим менша

участь бука у складі деревостану, тим більша частка сосни, як швидкозрослої породи та основного формувача запасу деревини.

7. Порівняння запасів деревини у сосново-букових лісостанах з різною участю бука лісового у складі засвідчує дещо вищу продуктивність деревостанів впродовж всього досліджуваного вікового діапазону, в складі яких менша частка листяного деревного виду.

8. Отримані дані можна використати для подальшого моніторингу процесів нагромадження деревини мішаними і чистими лісостанами за участю сосни, дуба і бука під впливом лісгосподарських заходів, а також дії чинників біотичного та абіотичного характеру.

Конфлікт інтересів (Conflicts of Interest).

Автори заявляють про відсутність у них відомих конкуруючих фінансових інтересів чи особистих зв'язків, які могли б вплинути на результати, представлені у цій статті.

Список літератури (References)

- Aguirre, A., del Río, M., & Condés, S. (2019). Productivity estimations for monospecific and mixed pine forests along the Iberian Peninsula aridity gradient. *Forests*, 10, Article 430. <https://doi.org/10.3390/f10050430>
- Bauhus, J., Forrester, D. I., Gardiner, B., Jactel, H., Vallejo, R., & Pretzsch, H. (2017). Ecological stability of mixed-species forests. In H. Pretzsch, D. I. Forrester, & J. Bauhus (Eds.), *Mixed-species forests* (pp. 337–382). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-54553-9_7
- Bazyuk-Dubey, I. V. (2012). Ecological analysis of the mycoflora of Ukrainian Roztochya. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 22(2), 43–48. https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2012/22_2/43_Baz.pdf
- [Базюк-Дубей, І. В. (2012). Екологічний аналіз мікофлори Українського Розточчя. *Науковий вісник НЛТУ України*, 22(2), 43–48.] (in Ukrainian)
- Debryniuk, Iu. M. (2003). *Forestry zoning of the Western Forest-Steppe of Ukraine*. Kamula. http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?
- [Дебрінюк, Ю. М. (2003). *Лісокультурне районування Західного Лісостепу України*. Львів: Камула. 248 с.] (in Ukrainian)
- Debryniuk, Iu. M. (2001). Roztochya as a silvicultural region and features of silvicultural activities in it. *Scientific Bulletin of Ukrainian State Forestry University*, 11(4), 12–26. https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2001/11_4/index.htm
- [Дебрінюк, Ю. М. (2001). Розточчя як лісокультурний регіон та особливості лісівничої діяльності в ньому. *Науковий вісник УкрДЛТУ*, 11(4), 12–26.] (in Ukrainian)
- Debryniuk, Iu. M., Kopyi, L. I., & Prydka, P. P. (2009). Characteristics and features of the distribution of forest types on the territory of the state forest fund of the Stradchiv educational and production timber combine. *Scientific Works: Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 7, 30–35. fasu.nltu.edu.ua/index.php/nplanu/article/view/486
- [Дебрінюк, Ю. М., Копій, Л. І., Придка, П. П. (2009). Характеристика та особливості поширення типів лісу на території державного лісового фонду Страдчівського навчально-виробничого лісокомбінату. *Наукові праці: Лісотехнічна академія наук України*, 7, 30–35.] (in Ukrainian)
- Debryniuk, L.-O. Y., Danchuk, O. T., & Krynytskyi, H. T. (2025). Productivity of pine and oak-pine forests of the Stradchivsk educational and production forest plant. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 35(3), 16–24. <https://doi.org/10.36930/40350302>
- [Дебрінюк, Л.-О. Ю., Данчук, О. Т., Криницький, Г. Т. (2025). Продуктивність соснових і дубово-соснових деревостанів Страдчівського навчально-виробничого лісокомбінату. *Науковий вісник НЛТУ України*, 35(3), 16–24.] (in Ukrainian)
- del Río, M., Pretzsch, H., Ruiz-Peinado, R., Ampoorter, E., Annighöfer, P., Barbeito, I., ... Bravo-Oviedo, A. (2017). Species interactions increase the temporal stability of community productivity in *Pinus sylvestris*–*Fagus sylvatica* mixtures across Europe. *Journal of Ecology*, 105(4), 1032–1043. doi.org/10.1111/1365-2745.12727
- Gavrusevych, A. M. (1960). Forest typological determinant of the northern part of Lviv region. *Scientific Works of the Ukrainian Academy of Forestry: On the Restoration of Mountain Forests of the Carpathians*, 2, 100–115.
- [Гаврусевич, А. М. (1960). Типологічний визначник лісу північної частини Львівської області. *Наукові праці Української академії лісового господарства: Про відновлення гірських лісів Карпат*, 2, 100–115.] (in Ukrainian)
- Gavrusevych, A. M. (1958). Types of beech forests in Northern Opillia and Roztochya. *Scientific Works of the Transcarpathian Forest Experimental Station: Issues of Increasing the Productivity of Carpathian Forests*, 1, 21–24.
- [Гаврусевич, А. Н. (1958). Типы буковых лесов северного Ополя и Расточья. *Научные труды Закарпатской лесоопытной станции: Вопросы повышения продуктивности лесов Карпат*, 1, 21–24.] (in Russian)
- Gerushynskyi, Z. Yu. (1996). *Typology of forests of the Ukrainian Carpathians*. Pyramida. <https://carpaty.net/?p=20482>
- [Герушинський, З. Ю. (1996). *Типологія лісів Українських Карпат*. Львів: Піраміда. 208 с.] (in Ukrainian)

- Gordienko, M. I., & Gordienko, N. M. (2005). *Forest properties of woody plants*. Vistka. <http://www.irbis-nbuv.gov.ua/publ/REF-0000089873> [Гордієнко, М. І., Гордієнко, Н. М. (2005). *Лісові властивості деревних рослин*. Київ: Вістка. 818 с.] (in Ukrainian)
- Gribbe, S., Enderle, L., Weigel, R., Hertel, D., Leuschner, C., & Muffler, L. (2024). Recent growth decline and shifts in climatic growth constraints suggest climate vulnerability of beech, Douglas fir, pine and oak in Northern Germany. *Forest Ecology and Management*, 566, Article 122022. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2024.122022>
- Gromyak, O. Yu., Hrynyk, G. G., & Gromyak, Yu. O. (2012). Pine forests of the Ukrainian Roztochchya: Structural and typological analysis. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 22(5), 25–29. https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2012/22_5/index.htm [Гром'як, О. Ю., Гриник, Г. Г., Гром'як, Ю. О. (2012). Соснові ліси Українського Розточчя: структурно-типологічний аналіз. *Науковий вісник НЛТУ України*, 22(5), 25–29.] (in Ukrainian)
- Heinrichs, S., Ammer, C., Mund, M., Boch, S., Budde, S., Fischer, M., ... Schall, P. (2019). Landscape-scale mixtures of tree species are more effective than stand-scale mixtures for biodiversity of vascular plants, bryophytes and lichens. *Forests*, 10(1), Article 73. <https://doi.org/10.3390/f10010073>
- Hryb, V. M. (2015). The impact of management measures on the condition and productivity of artificial pine stands. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 25(8), 95–100. <https://doi.org/10.15421/40250815> [Гриб, В. М. (2015). Вплив господарських заходів на стан і продуктивність штучних соснових насаджень. *Науковий вісник НЛТУ України*, 25(8), 95–100.] (in Ukrainian)
- Jactel, H., Gritti, E. S., Drössler, L., Forrester, D. I., Mason, W. L., Morin, X., Pretzsch, H., & Castagnèyrol, B. (2018). Positive biodiversity–productivity relationships in forests: Climate matters. *Biology Letters*, 14(4), Article 20170747. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2017.0747>
- Konatowska, M., Rutkowski, P., Ramion-Harkawik, A., Nikonowicz, Ł., Babiak, T., Kukliński, A., Kowalczyk, T., & Lemke, D. (2026). Phytosociological factors determining forest management in forests with share of beech (*Fagus sylvatica* L.) and pine (*Pinus sylvestris* L.). *Forests*, 17(1), 28. <https://doi.org/10.3390/f17010028>
- Koval, I. M., & Bräuning, A. (2024). The effect of climate change on the radial growth of *Pinus sylvestris* L. and *Quercus robur* L. in the stands of Kharkiv green zone. *Man and Environment. Issues of Neoecology*, 41, 132–142. <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2024-41-10>
- Krynytska, O. G. (2015). The impact of the formation of the young generation of pine-oak stands on the physical and chemical features of the soil. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 25(10), 64–70. <https://doi.org/10.15421/40251009> [Криницька, О. Г. (2015). Вплив формування молодого покоління сосново-дубових насаджень на фізико-хімічні властивості ґрунту. *Науковий вісник НЛТУ України*, 25(10), 64–70.] (in Ukrainian)
- Krynytska, O. G., Yakhnytskyi, V. Y., & Kramarets, V. O. (2021). Xylotrophic macromycetes of mixed conifer-deciduous stands of Lviv Roztocze. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 31(4), 76–81. <https://doi.org/10.36930/40310412> [Криницька, О. Г., Яхницький, В. Й., Крамарець, В. О. (2021). Ксилотрофні макроміцети мішаних хвойно-листяних лісостанів Львівського Розточчя. *Науковий вісник НЛТУ України*, 31(4), 76–81.] (in Ukrainian)
- Krynytskyu, H., Debryniuk, L.-O., Kovaleva, V., Korol, M., Kramarets, V., Krynytska, O., ... Yakhnytsky, V. (2024). Distribution, growth, and structure of pine-beech forest stands in the Lviv Roztochchia region. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 26, 50–68. <https://doi.org/10.15421/412403> [Криницький, Г. Т., Дебрінюк, Л.-О. Ю., Ковальова, В. А., Король, М. М., Крамарець, В. О., Криницька, О. Г., ... Яхницький, В. Й. (2024). Поширення, ріст і структура сосново-буккових деревостанів Львівського Розточчя. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 26, 50–68.] (in Ukrainian)
- Krynytskyu, H., Skolsky, I., Krynytska, O., Lutsiv, N., & Yakhnytsky, V. (2021). Biotic stability of Scots pine growing in stands on fairly fertile soil types of the Lviv Roztochya. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 23, 50–57. <https://doi.org/10.15421/412126> [Криницький, Г. Г., Скольський, І. М., Криницька, О. Г., Луців, Н. Г., Яхницький, В. Й. (2021). Біотична стійкість *Pinus sylvestris* L. у сугрудових лісостанах Львівського Розточчя. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 23, 50–57.] (in Ukrainian)
- Markof, I., Popov, G., & Dodev, Y. (2023). The global warming and the pine plantations created in the oak belt. *Nauka za Gorata*, 59(1), 105–126. https://naukazagorata.com/wp-content/uploads/2023/05/08_markoff_et_al_105-126.pdf
- Metz, J., Annighöfer, P., Schall, P., Zimmermann, J., Kahl, T., Schulze, E. D., & Ammer, C. (2016). Site adapted admixed tree species reduce drought

- susceptibility of mature European beech. *Global Change Biology*, 22, 903–920.
<https://doi.org/10.1111/gcb.13113>
- Myklush, Y., Myklush, S., Debryniuk, I., & Hayda, Y. (2022). Formation of European beech stands (*Fagus sylvatica* L.) that involve Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in tree species composition in the Ukrainian Roztochie. *Folia Forestalia Polonica, Series A – Forestry*, 64(2), 83–89.
<https://doi.org/10.2478/ffp-2022-0008>
- Myklush, Y., Myklush, S., Havryliuk, S., & Savchyn, V. (2021). Main forestry and management indices of pine (*Pinus sylvestris* L.) stands involving beech (*Fagus sylvatica* L.) in composition of Ukrainian Roztochchia. *Folia Forestalia Polonica, Series A – Forestry*, 63(2), 81–87. doi.org/10.2478/ffp-2021-0009
- Ostapenko, B. F., Fedets, I. P., & Pasternak, V. P. (1998). *Typological diversity of Ukrainian forests: Broad-leaved forest zone*. Publishing House of the V. V. Dokuchaev Kharkiv State Agrarian University. [Остапенко, Б. Ф., Федець, І. П., Пастернак, В. П. (1998). *Типологічне різноманіття лісів України. Зона широколистяних лісів*. Харків: Видавництво ХДАУ ім. В. В. Докучаєва. 127 с.] (in Ukrainian)
- Ostapenko, B. F., & Tkach, V. P. (2002). *Forest typology*. Publishing House of the V. V. Dokuchaev Kharkiv State Agrarian University. [Остапенко, Б. Ф., Ткач, В. П. (2002). *Типологія лісів*. Харків: Видавництво ХДАУ ім. В. В. Докучаєва. 204 с.] (in Ukrainian)
- Özçelik, M. S., & Poyatos, R. I. (2025). Water-use strategies in pines and oaks across biomes are modulated by soil water availability. *Tree Physiology*, 45(4). doi.org/10.1093/treephys/tpaf031
- Pretzsch, H., Forrester, D. I., & Bauhus, J. (2017). *Mixed-species forests: Ecology and management*. Springer. link.springer.com/book/10.1007/978-3-662-54553-9
- Pretzsch, H., & Schütze, G. (2016). Effect of tree species mixing on the size structure, density, and yield of forest stands. *European Journal of Forest Research*, 135, 1–22.
<https://doi.org/10.1007/s10342-015-0913-z>
- Schmied, G., Kappen, J., del Río, M., Moser, W. K., Gundale, M. J., Hilmer, T., ... Pretzsch, H. (2025). Positive mixture effects in pine–oak forests during drought are context-dependent. *Plant Biology*, 24, 1–16. <https://doi.org/10.1111/plb.70030>
- Shevchenko, S. V. (1972). Features of growth of pine plantations affected by needle cast and twisting rust. In *Forestry research in Roztochya* (pp. 267–274). Kamenyar. [Шевченко, С. В. (1972). Особливості росту соснових культур, уражених шутте та іржею пагонів сосни. В кн.: *Лісівницькі дослідження в Розточчі*. Львів: Каменяр, 267–274.] (in Ukrainian)
- Singh, S. P., & Zobel, D. B. (2025). Pine-oak type: A unique resilient global system with high potential for nature-based solutions. *Ecological Indicators*, 175, Article 113536.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2025.113536>
- Soroka, M. I. (1998). Syntaxonomy of the vegetation of the Ukrainian Roztochya. *Scientific Bulletin of Ukrainian State Forestry University*, 7, 37–41. [Сорока, М. І. (1998). Синтаксономія рослинності Українського Розточчя. *Науковий вісник УкрДЛТУ*, 7, 37–41.] (in Ukrainian)
- Soroka, M. I. (2008). *Vegetation of the Ukrainian Roztochya*. Svit. [Сорока, М. І. (2008). *Рослинність Українського Розточчя*. Львів: Світ. 434 с.] (in Ukrainian)
- Stefańska-Krzaczek, E., Krzaczek, R., Mazurek, N., & Damian, C. (2024). Variability and determinants of vascular plant species composition in patches of old managed oak forest stands dispersed within Scots pine monocultures. *Forest Ecosystems*, 11, 1–9.
<https://doi.org/10.1016/j.fecs.2024.100235>
- Tkach, V. P., Tarnopilska, O. M., & Orlov, O. O. (2024). *Types of forest formations of Ukraine in the system of European classifications*. Printing House Madrid. <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*. Друкарня Мадрид. 416 с.] (in Ukrainian)
- Yakhnytskyi, V. Y., & Delehan, I. I. (2021). Forest fund and forest management in Stradch job training and manufacturing forestry plant. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 31(1), 9–13.
<https://doi.org/10.36930/40310101>
- [Яхницький, В. Й., Делеган, І. І. (2021). Лісовий фонд та лісокористування в Страдченському навчально-виробничому лісокомбінаті. *Науковий вісник НЛТУ України*, 31(1), 9–13.] (in Ukrainian)
- Zvarych, O., Zaika, V., Stryames, G., Zvarych, Y., & Tymochko, I. (2016). Forestry and inventory characteristics and forest health of old-growth stands of the nature reserve “Roztochya.” *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 26(8), 72–81. <https://doi.org/10.15421/40260811>
- [Зварич, О., Заїка, В., Стрямець, Г., Зварич, Ю., Тимочко, І. (2016). Лісівничо-таксаційні показники та санітарний стан старовікових деревостанів природного заповідника «Розточчя». *Науковий вісник НЛТУ України*, 26(8), 72–81.] (in Ukrainian)

Typological structure and productivity of the hornbeam-pine stands of fairly fertile beech-forest type and fairly fertile oak-forest type in the Stradch Educational and Production Forestry Complex

L.-O. Debryniuk¹, O. Danchuk²

The distribution of pine, oak, and beech forest type groups within the forest fund of the Stradch Educational and Production Forestry Complex was analyzed. Age-related changes in stemwood volume were determined for pure and mixed stands involving the main forest-forming tree species – Scots pine (*Pinus sylvestris* L.), pedunculate oak (*Quercus robur* L.), and European beech (*Fagus sylvatica* L.).

Within the forest fund of the enterprise, fresh and moist hornbeam-pine stands of fairly fertile oak-forest types occupy an area of 1,091.3 ha, while fresh and moist hornbeam-pine stands of fairly fertile beech-forest types cover 1,170.9 ha. These areas account for 17.1% and 18.3% of the forest-covered lands, respectively. In forest types, where the forest-forming tree species include *Pinus sylvestris*, *Quercus robur*, and *Fagus sylvatica*, highly productive mixed stands are formed. The highest timber volumes are characteristic of stands with the greatest proportion of pine in their species composition. At the same time, timber stocks in stands of the studied forest types exhibit considerable variability.

Up to the age of 60 years, the variability of growing stock volume in the analyzed forest stands remains low, which is attributable to the absence of significant silvicultural activities. After 60 years of age, the variability of growing stock volume increases substantially, primarily due to anthropogenic impacts, which are further intensified by the adverse effects of biotic and abiotic factors.

In pine-oak stands with varying proportions of oak in the stand composition (50–100%), the maximum accumulation of growing stock volume is attained at the age of 90–100 years, after which this indicator decreases noticeably. The most pronounced decline in growing stock volume after the age of 90 years was observed in pure oak stands.

The largest number of pine-oak stands is concentrated within the age range of 90–130 years. The highest growing stock volumes are characteristic of stands with

an oak proportion of approximately 50% in the species composition, reaching up to 450 m³·ha⁻¹. At the age of 130–140 years, only isolated pine-oak stands occur, with growing stock volumes of 400–450 m³·ha⁻¹.

In the age-related dynamics of beech-pine stands, a clear trend is observed: the greater the proportion of European beech in the stand composition, the lower the growing stock volume. The highest growing stock volumes (430–450 m³·ha⁻¹) were recorded in stands where the beech proportion is 10%. Conversely, the lower the share of beech in the stand, the higher the proportion of pine, being a fast-growing species and the main contributor to timber accumulation.

Comparison of growing stock volumes in pine-beech stands with varying proportions of European beech in the stand composition indicates slightly higher productivity throughout the entire investigated age range in stands with a lower share of the broad-leaved species.

In the context of sustainable forest management, oak-pine (pine-oak) and beech-pine (pine-beech) forests can be considered promising, resilient, and highly productive forest ecosystems. In these stands, it is essential to ensure the preservation of the existing regeneration and to maintain the natural regeneration processes of forest-forming tree species; to limit intentional introduction of pine in hornbeam-pine oak and hornbeam-pine beech forest types; and to implement forest management based on the principles of close-to-nature silviculture in stands containing pine, oak, and beech.

The obtained data can be used for further monitoring of growing stock accumulation in mixed and pure stands involving pine, oak, and beech under the influence of silvicultural treatments, as well as the effects of biotic and abiotic factors.

Key words: Ukrainian Roztochia; Scots pine; pedunculate oak; European beech; mixed stands; forest site types; forest types; growing stock volume.

¹ Debryniuk Lubomyr-Oleksandr – postgraduate student at the Department of Forestry. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprinka St., Lviv, 79057, Ukraine. E-mail: l_debryniuk@nltu.lviv.ua ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-5347-7964>. Research supervisor – Doctor of Agricultural Sciences, Professor Hryhoriy Krynytskyy. E-mail: krynytsk@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7020-9991>

² Oleg Danchuk – PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor at the Department of Forest Crops and Forest Tree Breeding. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynkа St., Lviv, 79057, Ukraine. E-mail: oleg_danchuk@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2059-5446>



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

<http://fasu.nltu.edu.ua>
<https://doi.org/10.36930/412523>
Article received 2025.03.17
Article revised 2025.09.29
Article accepted 2025.10.13
Article published 2026.03.12

ISSN 1991-606X print
ISSN 2616-5015 online
@ ✉ Correspondence author
Ivanna Kulbanska
kulbanska@nubip.edu.ua
19 General Rodimtsev St.,
Kyiv, 03041, Ukraine

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 (CC BY 4.0) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)



УДК 630*2/.5:582.475.7(477.8)

Лісівничо-таксаційні детермінанти формування санітарного стану деревостанів за участю *Abies alba* Mill. у Покутсько-Буковинських Карпатах

І.М. Кульбанська¹, А.Ф. Гойчук², М.І. Сорока³

*Представлено результати комплексного лісівничо-таксаційного дослідження детермінантів формування санітарного стану деревостанів за участю *Abies alba* Mill., розраховано індекс санітарного стану. Оцінено типологічну і вікову структуру лісів за участю *Abies alba*, встановлено їхнє походження (природне чи штучне) та частку деревного виду у складі. Санітарний стан деревостанів характеризується високою просторово-часовою мінливістю і варіює від ослабленого до середнього ступеня деградації, із локальними осередками інтенсивного всихання, які потребують пріоритетного фітосанітарного контролю. Найуразливішими є стиглі та пристиглі насадження штучного походження, а також деревостани, що формуються в умовах вологої смереково-букової суяличини унаслідок специфічного поєднання гідротермічних, біотичних та абіотичних стрес-факторів у такому біотопі. Підвищена участь *Abies alba* у складі деревостану, особливо понад ценотичний оптимум (25–30% від загального видового складу), корелює із зростанням індексу санітарного стану та посиленням*

¹ Кульбанська Іванна Миколаївна – член-кореспондент Лісівничої академії наук України, доктор біологічних наук, доцент кафедри лісівництва. Національний університет біоресурсів і природокористування України, вул. Генерала Родімцева, 19, м. Київ, 03041, Україна. E-mail: kulbanska@nubip.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3424-8106>

² Гойчук Анатолій Федорович – академік Лісівничої академії наук України, доктор сільськогосподарських наук, професор кафедри лісівництва. Національний університет біоресурсів і природокористування України, вул. генерала Родімцева, 19, м. Київ, 03041, Україна. E-mail: ogoychuk@gmail.com ORCID <https://orcid.org/0000-0002-6827-2307>

³ Сорока Мирослава Іванівна – академік Лісівничої академії наук України, доктор біологічних наук, професор. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, Львів, 79057, Україна. E-mail: myroslava_soroka@yahoo.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1037-6904>

проявів фізіологічного ослаблення і всихання дерев. Водночас мішані лісостани з оптимальною для ялиці білої екологічною нішею демонструють вищу біотичну стійкість та низький рівень патологічних проявів. Встановлено, що генезис деревостану суттєво впливає на санітарний стан: природні ліси мають нижчий індекс санітарного стану порівняно зі штучними, навіть у тих самих типах лісу. Результати дослідження підтверджують важливе значення лісівничо-таксаційних показників (тип лісу, вікова структура, походження деревостану, видовий склад) для прогнозування темпів розвитку деградаційних процесів у лісостанах за участю *Abies alba* та розроблення ефективної системи заходів із підтримання їхнього належного санітарного стану. Отримані дані мають практичне значення для лісовпорядкування, управління гірськими лісовими екосистемами та підвищення біотичної стійкості деревостанів до впливу негативних біотичних та абіотичних чинників.

Ключові слова: ялиця біла; фітосанітарний моніторинг; лісові екосистеми; вікова структура; генезис; тип лісорослинних умов; індекс санітарного стану.

Вступ (Introduction).

Ялиця біла (*Abies alba* Mill.) посідає одне із провідних місць у лісових екосистемах Українських Карпат, формуючи високопродуктивні та біотично стійкі деревостани. Стійкість ялиці значною мірою залежить від комплексу лісівничо-таксаційних показників, серед яких ключовими є вік, повнота, тип лісу та морфометричні параметри дерев (Лосюк та ін., 2022). Оптимальні структурні характеристики насаджень сприяють підвищенню їхньої резистентності до абіотичних і біотичних стресорів (Дебринюк, 2011; Парпан, 2016).

Питання формування деревостанів за участю ялиці білої на території України досліджували багато науковців у різні періоди. Значний внесок у вивчення біології та лісівничих особливостей *Abies alba* зробили В. К. М'якушко (1971), А. Й. Швиденко (1980), Я. О. Сабан (1990), І. П. Тереля (2000). У подальші роки тематику розвинули у своїх працях численні дослідники (Черневий, 2013; Парпан, Гудима, 2015; Сорока та ін., 2019, 2024; Kulbanska et al., 2022; Plichtiak et al., 2023).

Питання погіршення санітарного стану лісів за участю *Abies alba* активно обговорено у працях європейських і вітчизняних авторів. Результати досліджень свідчать, що на стан ялиці суттєво впливають кліматичні зміни (Швиденко, Букша, Краковська, 2018), зокрема підвищення температури, дефіцит вологи та збільшення частоти екстремальних погодних аномалій (Bosela et al., 2018). Прямий вплив на стан лісів мають антропогенне забруднення повітря та лісогосподарська діяльність (Парпан, Гудима, 2015; Meshkova, Borysenko, & Pryhornytskyi, 2018; Ванджурак, Дебринюк, Савчин, 2022). Сучасний стан лісів Карпатського регіону також залежить від чинників біотичного походження, зокрема інтенсивності розвитку шкідників і збудників хвороб (Cobb, & Metz, 2017; Сорока та ін., 2019, 2024; Kulbanska et al., 2022).

Важливим напрямом є дослідження впливу господарських заходів на життєздатність *Abies*

alba. Рубки різної інтенсивності можуть або покращувати, або погіршувати санітарний стан деревного виду залежно від вихідної структури лісостану і типу лісорослинних умов (Bončina, 2011; Parpan, 2016). Низка дослідників акцентують увагу на тому, що у високоповнотних ялицевих деревостанах збільшується ризик ослаблення дерев через конкуренцію за ресурси середовища, тоді як помірний режим рубок сприяє підвищенню стабільності екосистеми ялицевих лісів і кращому проходженню процесу природного поновлення (Гудима, Парпан, Пліхтяк, 2019; Шпарик, Криницький, Дебринюк, 2020).

На підставі наведених даних можна стверджувати, що сучасний стан і стійкість дерев *Abies alba* є результатом комплексної дії абіотичних, антропогенних та біотичних чинників. Взаємозв'язок між низкою чинників – підвищенням температури, дефіцитом вологи, забрудненням довкілля, інтенсивною лісогосподарською діяльністю, впливом на деревостани шкідників і збудників хвороб формує синергійний ефект, який визначає динаміку погіршення санітарного стану ялиці та зниження її адаптаційних можливостей в умовах зміненого середовища.

Незважаючи на значний обсяг досліджень, питання комплексного оцінювання взаємозв'язків між санітарним станом *Abies alba* та лісівничо-таксаційними характеристиками лісостанів за її участю у Покутсько-Буковинських Карпатах залишаються недостатньо з'ясованими. Більшість робіт зосереджені або на загальних тенденціях ослаблення ялиці, або на оцінюванні стійкості деревостанів до окремих чинників, що визначає актуальність проведення комплексних регіональних досліджень.

Мета дослідження – встановити ключові лісівничо-таксаційні детермінанти, що визначають санітарний стан лісів за участю *Abies alba* у Покутсько-Буковинських Карпатах, а також з'ясувати динамічні тенденції деградаційних і відновних процесів залежно від структури та типологічних особливостей деревостанів.

Об'єкти і методика дослідження (Objects and methods).

Об'єкт дослідження – закономірності формування санітарного стану деревостанів за участю *Abies alba* залежно від їхніх основних лісівничо-таксаційних характеристик у Покутсько-Буковинських Карпатах. *Предмет дослідження* – лісівничо-таксаційні показники (тип лісорослинних умов, вікова структура, генезис деревостану, частка ялиці у складі деревостану) та санітарний стан деревостанів.

Дослідження стану лісів за участю ялиці білої проводили впродовж 2021-2023 рр. у Покутсько-Буковинських Карпатах, які розташовані у зовнішній смузі північного мегасхилу Українських Карпат у межах Івано-Франківської та Чернівецької областей. Близько третини території регіону віднесено до природно-заповідного фонду (Гостюк, Мельник, 2017). За геоботанічним районуванням, регіон знаходиться у межах району Покутсько-Буковинських смереково-ялицево-букових і смереково-буково-ялицевих лісів, підокругу темнохвойно-букових привододільних лісів, округу букових лісів Українських Карпат (Голубець, 2003). Клімат регіону помірно-континентальний, вологий. Середньорічна температура становить приблизно +6°C, середня кількість опадів у низинній частині округу сягає 800 мм, у гірській – до 1500 мм (Літопис природи..., 2015). Лісогосподарська регіоналізація Покутських Карпат прийнята за П. І. Ванджураком і Ю. М. Дебринюком (2022). Лісівничо-таксаційна характеристика

пробних площ (ПП) наведена згідно таксаційних описів підприємств, наданих ВО «Укр-держліспроект» (<https://nfi.lisproekt.gov.ua/>).

У дослідженні використано дані, що охоплюють виключно деревостани за участю *Abies alba* у Покутсько-Буковинських Карпатах, віковий діапазон яких становить від 20 до 119 років. Обстежені деревостани були як чистими, так і мішаними за видовим складом і сформованими у різних лісорослинних умовах, зокрема в сухих, свіжих та вологих гігروتобах. Аналіз ключових лісівничо-таксаційних детермінантів, які безпосередньо впливають на деградаційні та відновні процеси в лісах, здійснено на основі результатів рекогносцирувальних і детальних лісопатологічних обстежень на 230 тимчасових та 15 постійних пробних площах. У лісових масивах закладали також лісопатологічні маршрути, які охоплювали деревостани з різними лісівничо-таксаційними показниками. Категорію санітарного стану дерев визначали згідно з чинними вимогами (Санітарні правила..., 1995). За результатами обліків розраховували середню категорію (індекс) санітарного стану деревостану. Оцінювання сучасного стану ценозів здійснювали з використанням середньозваженого індексу санітарного стану деревостану (Іс). Динаміку санітарного стану вивчали на 15 дослідних ділянках, у межах яких проводили фітосанітарний моніторинг (табл. 1.).

Зазначений підхід дав змогу сформувати комплексне уявлення про сучасний санітарний стан лісів за участю *Abies alba* у Покутсько-Буковинських Карпатах.

Таблиця 1. Характеристика дослідних ділянок у лісах Покутсько-Буковинських Карпат (дані 2023 року)

Table 1. Characteristics of the study plots in the forests of the Pokuttia–Bukovyna Carpathians (2023 data)

№ ПП	Місцерозташування (лісництво / ПНДВ, квартал / виділ)	Склад деревостану	Вік, років	Висота, м / діаметр, см	Індекс типу лісу
1	Березівське, 2/13	7Яц62Ялє1Бкл	90	27/32	С ₃ -см-бкЯц
2	Березівське, 3/22	6Ялє4Яцб	50	20/26	Д ₃ -см-бкЯц
3	Кутське, 23/13	9Яцб1Ялє+Бкл	93	28/40	С ₂ -яцБк
4	Кутське, 30/23	7Яцб3Бкл	118	27/50	С ₃ -бкСм
5	Косівське, 23/13	9Яцб1Ялє+Бкл	93	28/40	С ₂ -яцБк
6	Вашківське, 9/17	9Яцб1Бкл	90	27/40	Д ₃ -см-бкЯц
7	Берегометське, 11/46	5Яцб4Ялє1Бкл+Гз	58	23/30	С ₃ -см-бкЯц
8	Берегометське, 11/36	9Яцб1Ялє+Бкл	67	27/32	С ₃ -яцБк
9	Шешорське, 4/10	6Яцб2Ялє1Бкл1Бп	43	17/18	С ₂ -яцДз
10	Шешорське, 11/16	9Яцб1Ялє	85	27/44	С ₃ -Бк
11	Косівське, 10/29	8Яцб1Ялє1Бкл	100	29/44	Д ₃ -яцБк
12	Пістинське, 6/25	10Яцб	80	24/32	С ₃ -бк-яцСм
13	Яворівське, 13/4	7Яцб3Ялє	60	24/28	С ₃ -см-бкЯц
14	Роженське, 17/14	5Яцб3Ялє2Бкл	75	22/32	С ₃ -см-бкЯц
15	Роженське, 20/29	9Яцб1Ялє	85	24/36	С ₃ -см-бкЯц

Результати (Results).

За результатами комплексного фітосанітарного моніторингу лісових екосистем Покутсько-Буковинських Карпат, проведеного з метою інтегрального оцінювання санітарного стану лісів за участю *Abies alba* та діагностики інфекційної етіології патологічних проявів, встановлено домінування ознак фізіологічного ослаблення дослідних деревостанів. Отримані результати свідчать про віднесення цих лісів за рівнем деградаційних змін біотичного генезу до категорії середньопошкоджених / середньоуражених. Важливо зауважити, що частина дерев навіть за умов прогресуючого пригнічення не демонструє чітко виражених візуальних симптомів ураження, що підтверджує наявність латентних патологічних процесів та ускладнює оперативність і точність фітосанітарної діагностики (табл. 2).

Аналіз динаміки середніх значень індексу санітарного стану (I_{c1-6}) у лісах Покутсько-Буковинських Карпат впродовж 2021–2023 рр. засвідчує виражену просторово-часову неоднорідність фітосанітарного стану деревостанів за участю *Abies alba*. Значення індексу варіюють у широкому діапазоні – від 1,39 до 3,55, що свідчить про співіснування як відносно стійких, так і помітно деградованих ценозів у межах одного регіону. До групи найбільш ослаблених віднесено деревостани на пробних площах 6, 12, 13 і 14, де рівень деградації залишається стабільно високим, що може бути зумовлено сукупністю локальних стресорів (орографія, гідрологічні умови, підвищений біотичний прес). Натомість на пробних площах 2, 4, 5 і 7 зафіксовано найнижчі значення індексу, що характеризує ці деревостани як слабо пошкоджені та потенційно стійкіші до несприятливих чинників.

Таблиця 2. Середні значення індексу санітарного стану (I_c) на пробних площах у лісах Покутсько-Буковинських Карпат у 2021–2023 рр.

Table 2. Average values of the sanitary condition index (I_s) in the sample plots in the forests of the Pokuttia-Bukovyna Carpathians in 2021–2023

№ ПП	$I_{c1-6} \pm$ довірчий інтервал*		
	2021	2022	2023
1	2,05 $\pm$ 0,22	2,23 $\pm$ 0,21	2,34 $\pm$ 0,21
2	1,39 $\pm$ 0,14	1,57 $\pm$ 0,14	1,67 $\pm$ 0,15
3	2,51 $\pm$ 0,19	2,51 $\pm$ 0,18	2,21 $\pm$ 0,17
4	1,54 $\pm$ 0,16	1,56 $\pm$ 0,14	1,77 $\pm$ 0,15
5	1,74 $\pm$ 0,18	1,88 $\pm$ 0,18	1,89 $\pm$ 0,18
6	3,51 $\pm$ 0,17	3,27 $\pm$ 0,18	3,17 $\pm$ 0,19
7	1,60 $\pm$ 0,15	1,53 $\pm$ 0,14	1,55 $\pm$ 0,14
8	2,48 $\pm$ 0,17	2,56 $\pm$ 0,16	2,69 $\pm$ 0,15
9	2,91 $\pm$ 0,16	2,99 $\pm$ 0,16	3,01 $\pm$ 0,16
10	2,66 $\pm$ 0,18	2,59 $\pm$ 0,17	2,67 $\pm$ 0,17
11	2,75 $\pm$ 0,15	2,71 $\pm$ 0,17	2,69 $\pm$ 0,17
12	3,12 $\pm$ 0,16	2,81 $\pm$ 0,18	2,67 $\pm$ 0,17
13	3,34 $\pm$ 0,16	3,52 $\pm$ 0,16	3,51 $\pm$ 0,16
14	3,55 $\pm$ 0,15	3,17 $\pm$ 0,17	3,15 $\pm$ 0,16
15	2,41 $\pm$ 0,17	2,61 $\pm$ 0,18	2,53 $\pm$ 0,18

Примітка: * Індекс санітарного стану (I_{c1-6}) враховує фізіологічний стан усіх живих і відмерлих деревних рослин

У часовому аспекті виявлено загальну тенденцію до зростання I_{c1-6} на більшості пробних площ, що відображає поступове наростання стресового впливу та інтенсифікацію деградаційних процесів у деревостанах упродовж трирічного періоду. Зокрема, найпомітніше погіршення фітосанітарного стану відмічено на пробних площах 1 і 4, тоді як на ПП 8, 9 і 10 індекс зростає помірно, демонструючи повільний, але стабільний розвиток патологічних змін. Водночас на окремих площах (зокрема ПП 6, 12 і 14) у 2023 р. спостережено певне зниження або й стабілізація значень індексу порівняно

з 2021 р., що може свідчити про циклічний характер відповідних фізіологічних реакцій ялиці білої, а також ймовірний вплив природних регенераційних процесів або лісівничих заходів.

Довірчі інтервали, що не перевищують $\pm 0,14$ – $0,22$, підтверджують статистичну надійність отриманих значень і дають підставу вважати просторові відмінності між пробними площами, а також частину міжрічних відмінностей – істотними. Як узагальнення можна констатувати, що санітарний стан лісів за участю *Abies alba* у регіоні загалом відповідає рівням від ослабленого до

середньоураженого, при цьому наявність локальних осередків інтенсивної деградації визначає потребу у пріоритетному фітосанітарному контролі. Отримані результати також вказують на латентність проявів патологічних процесів, коли фізіологічне пригнічення дерев не завжди супроводжується чіткими морфологічними симптомами, що ускладнює своєчасність діагностики та підвищує значення систематичного моніторингу.

Ослаблення та відмирання деревостанів за участю ялиці білої у Покутсько-Буковинських Карпатах на сучасному етапі охоплює, переважно, ліси старших вікових груп, насамперед пристиглі і стиглі. Патологічні процеси мають локалізований, проте прогресуючий характер. На ранніх стадіях деградаційних змін відбувається поодинокі відмирання дерев, яке з часом призводить до формування осередків із вираженим фізіологічним пригніченням деревостану. На подальшому етапі простежується куртинне всихання, що виявляється закономірною передумовою для розвитку загального процесу дигресії та структурного руйнування лісостанів.

За результатами детального обстеження пробних площ встановлено, що ослаблення і всихання окремих дерев та їхніх груп у межах виділених деревостанів зумовлене комплексною дією біотичних та абіотичних стрес-факторів, серед яких домінують збудники інфекційних хвороб, пошкодження стовбуровими шкідниками та наслідки стихійних явищ. Загальна інтенсивність ураження характеризується як слабка або середня, а характер поширення патологічного процесу варіює від дифузного до куртинного. На більшості пробних площ виявлено типові ознаки інфікування *Abies alba* збудниками бактеріальної водянки та виразково-пухлиноподібної хвороби, що підтверджує їхню значущу роль у розвитку деградаційних явищ. В окремих випадках (дерева III категорії санітарного стану) діагностовано заселення стовбурів камбіофагами, що додатково підсилює процес пошкодження провідних тканин та порушення водного режиму.

У процесі дослідження зафіксовано значну кількість дерев із механічними пошкодженнями різного походження: вітровальними та буреломними стовбурами, порушенням цілісності кореневої системи, ушкодженням кореневих лап і стовбурів, зламаними верхівками, а також характерними морозобійними тріщинами, що свідчить про суттєвий вплив аномальних температурних показників на життєздатність дерев. Сукупність виявлених проявів деградації підтверджує, що фітосанітарний стан деревостанів у досліджуваному регіоні формується як результат тривалої і багатofакторної взаємодії біотичних та абіотичних чинників із вираженою тенденцією до прогресування.

Відомо, що мішані за складом і складні за структурою деревостани повніше використовують ресурси біотопу, характеризуються високою продуктивністю і формують підвищену групову резистентність до негативного впливу чинників навколишнього середовища, зокрема біотичного походження (наприклад, збудників хвороб). Багатоярусні лісостани, порівняно з одноярусними, поглинають більше енергії Сонця і також є продуктивнішими, особливо, якщо до їхнього складу входять деревні види із різним типом кореневої системи, формуючи ефективну підземну ярусність. Деревні види, які мають глибинну стрижневу кореневу систему (наприклад, *Abies alba*, *Quercus robur*, *Tilia cordata*), у поєднанні з неглибокою поверхневою кореневою системою інших видів (наприклад, *Acer platanoides*, *Fagus sylvatica*, *Picea abies*, *Fraxinus excelsior*) краще використовують запаси ґрунтової вологи і поживних речовин, у зв'язку з чим такі деревостани є біотично стійкішими (Криницький та ін., 2023). Такі ліси активніше переводять дощові і талі води в ґрунті, а також ефективно захищають ґрунт від водної ерозії. У мішаних за складом деревостанах ґрунти щільніше заселені безхребетними тваринами, зокрема представниками роду *Lumbricus*, а їхня життєдіяльність сприяє підвищенню вмісту поживних речовин у ґрунтах. Водночас мішані деревостани є значно стійкішими до дії вітровалів, буреломів, сніговалів, пожеж, фітофагів тощо.

Поширення патологічних процесів у лісах різних типів лісорослинних умов. Аналізуючи розподіл площ лісів Покутсько-Буковинських Карпат за типами лісорослинних умов встановлено, що субори (В) займають площу 1013,5 га (5,9%), при цьому частка свіжих суборів не перевищує 0,3%, а вологих – 5,6%. Сумарна площа сугрудів (С) становить 14975,6 га (85,7%), при цьому частка свіжих сугрудів складає 1,8% (320,9 га), вологих – 81,6% (14268,6 га), сирих – 2,3% (386,1 га). Груді (D) займають площу 1482,8 га (8,4%), при цьому частка свіжих і сирих грудів сумарно не перевищує 0,01%, частка вологих – 8,3%. Наведена інформація ґрунтується на детальному аналізі матеріалів 230 тимчасових пробних площ, які охоплюють виключно деревостани за участю ялиці білої.

Аналізуючи розподіл площ лісів Покутсько-Буковинських Карпат за типами лісу, виокремлено 41 тип лісу, в межах яких формуються деревостани за участю *Abies alba*. Для зручності аналізу їх поділено на три групи: I (площа лісів за участю ялиці перевищує 25,0% від загальної площі лісів), II (площа таких лісів складає 1,0-24,9% від загальної площі лісів), III (площа лісів за участю ялиці не перевищує 1,0% від загальної площі лісів). До I групи віднесено два типи лісу – вологу високогірну сусмєречину (С₃-

См) та вологу буково-ялицеву сусмеречину (С₃-бк-яцСм), сумарна площа яких перевищує 50,0% від загальної площі (що складає 9643,8 га або 56,6%). До II групи віднесено 12 типів лісу, сумарна площа яких не перевищує 40,0%, становить 6497,7 га або 38,1% і представлена такими індексами: В₃-Ялс, С₂-бк-яцСм, С₃-см-бкЯц, С₃-бкСм, С₃-бк-яцСм, С₃-яцБк, С₃-см-яцБк, С₄-Вх(с), D₃-см-бкЯц, D₃-см-яцБк, D₃-яцБк, D₃-бкЯц. До III групи належать 27 типів лісу, які трапляються фрагментарно, проте дають можливість сформувати розуміння особливостей лісорослинних умов, що склалися у лісах Покутсько-Буковинських Карпат. Сумарна площа типів лісу III групи складає 869,5 га або 5,3% від загальної площі.

Аналіз дослідних ділянок також дав змогу здійснити розподіл площ деревостанів за участю

Abies alba за типами лісу. Виокремлено сімнадцять типів лісу, які так чи інакше пов'язані із переважанням ялиці білої у складі деревостану: волога смереково-букова суяличина, волога буково-ялицева сусмеречина, волога букова яличина, волога ялицева сусмеречина суяличина та ін. Практично поодинокі траплялися менші типові для формування деревостанів із переважанням *Abies alba* типи лісу: волога дубово-букова суяличина, волога високогірна сусмеречина, волога буково-ялицева смеречина, волога ялицева бучина та сира сусіровільшина.

Дослідженнями встановлена залежність показників санітарного стану лісів Покутсько-Буковинських Карпат від типу лісорослинних умов (табл. 3).

Таблиця 3. Санітарний стан деревостанів із переважанням *Abies alba* у різних типах лісу
Table 3. Sanitary condition of forest stands dominated by *Abies alba* in different forest types

Тип лісу	Частка від загальної площі, %	Середньозважений індекс санітарного стану	Ступінь пошкодження деревостану
Волога буково-смерекова суяличина	46,5	3,38	середній
Волога буково-ялицева сусмеречина	17,0	1,90	слабкий
Волога букова яличина	8,5	1,30	відсутній
Волога ялицева сусмеречина	6,0	1,78	слабкий
Волога смереково-букова суяличина	6,0	1,12	відсутній

З.Ю. Герушинський (1996) виділяв тип лісу *волога смереково-букова суяличина (яличина)*. За нашими дослідженнями, за різної участі *Picea abies* у складі деревостану типу лісу спостережено суттєві відмінності індексу санітарного стану *Abies alba*. Щоб акцентувати увагу на цьому важливому аспекті, деревостани, де участь ялини в складі становила 4 од. і більше, було віднесено до *вологої буково-смерекової суяличини*, а за меншої участі ялини у складі – до *вологої смереково-букової суяличини*. Ці типологічні одиниці у природі добре відокремлюються за типом, морфологічними і фізико-хімічними характеристиками ґрунту, видовим складом і структурою трав'яного ярусу та просторовим розміщенням у системі гірських хребтів. Також у європейських класифікаціях, які опираються на еколого-біологічні характеристики лісових ценозів, такі ліси чітко відокремлюються між собою (Matuszkiewicz, 2022).

Співставляючи дані санітарного стану деревостанів з типами лісу встановлено, що найбільш ослабленими (середньозважений індекс санітарного стану на основі аналізу дослідних ділянок становить 3,38) є ялицеві деревостани, які формуються в умовах вологої буково-смерекової суяличини. Особлива фітосанітарна вразливість деревостанів у цьому типі лісу ймовірно пов'язана з

гідротермічним режимом, конкурентними взаємовідносинами із *Picea abies* та чинниками біотичного походження.

Натомість у смерековому типі лісу, де *Abies alba* не є переважаючим деревним видом у складі деревостану, спостережено суттєво нижчий рівень деградації. Так, у вологій буково-ялицевій сусмеречині ступінь пошкодження оцінено як слабкий (1,90). В умовах вологої смереково-букової суяличини та вологої букової яличини ослаблення деревостану практично не фіксується (1,12-1,30), що вказує на відсутність виражених патологічних проявів. Така варіабельність індексу санітарного стану ялиці може бути зумовлена більшою чи меншою часткою *Picea abies* у складі деревостану та її впливом на життєвий стан ялиці білої.

Інші типи лісу сукупно представлені на 16,0% площ, характеризуються слабким ступенем ушкодження (2,23), що може бути зумовлено локальними абіотичними або біотичними стресорами, однак при цьому відсутнє формування суцільних деградаційних осередків.

Отже, простежується закономірність – чим ближчі екологічні умови типу лісу до оптимальних для ялиці білої, тим нижчий рівень її ослаблення і деградації. Водночас зростання участі

смереки у складі насаджень корелює з погіршенням санітарного стану та підвищенням ризиків розвитку патологічних процесів, що може бути проявом інтенсивнішої міжвидової конкуренції за ресурси на фоні кліматичних змін та ослаблення стійкості основного деревного виду.

Особливості структурно-функціональної і екологічної організації патогенної біоти у лісах різного видового складу та віку. Видовий склад деревостану є одним із ключових чинників, що визначає його санітарний стан. Розуміння цих зв'язків дасть змогу розробляти ефективні заходи щодо збереження здоров'я лісів і підвищення їхньої стійкості до негативного впливу зовнішніх чинників.

Аналіз видового складу лісостанів за участю ялиці білої Покутсько-Буковинських Карпат показує, що найбільші площі займають ялицеві ліси з часткою 5 од. *Abies alba* у складі. Четверть (25,0%) обстежених нами дослідних ділянок характеризувались саме такою участю деревного виду у складі. Переважаючими за площею є ліси із видовим складом деревостану 5Яцб5Яле, 5Яцб3Яле2Бкл та 5Яцб4Яле1Бкл. Ялицеві ліси з часткою 6 од. ялиці у складі посідають 22,0%. Переважаючими у цій групі є ліси із видовим складом деревостану 6Яцб2Яле2Бкл та 6Яцб4Яле. Лісостани з часткою участі ялиці в 4 од. займають 15,5% від загальної площі дослідних ділянок. Переважаючими є ліси із видовим складом деревостану 4Яцб6Яле, 4Яцб3Яле3Бкл та 4Яцб4Яле2Бкл. Також значні площі (14,5%) займають ліси з часткою ялиці в 7 од. у складі. Переважаючими є ліси зі складом деревостану 7Яцб3Яле, 7Яцб3Бкл та 7Яцб2Бкл1Яле. Значно рідше (до 10,0%) трапляються інші частки участі *Abies alba* у складі. Зокрема, найрідше трапляються ялицеві лісостани з часткою деревного виду в 3 од. (3,5%), 9 од. (5,5%) та 10 од. (5,0%) у складі деревостану.

Варто зауважити, що обстежені чисті ялицеві деревостани мають природне походження, проте

з ознаками вилучення деяких видів дерев, зокрема, смереки і бука, а деревостани за участю ялиці 30% в основному створені штучно. Така відмінність у походженні потенційно може впливати на генетичну різноманітність популяцій, що, своєю чергою, впливає на стійкість лісу до збудників хвороб і шкідників.

Загальний розподіл площ лісів з участю *Abies alba* Покутсько-Буковинських Карпат за категоріями стиглості наступний: молодняки – 1673,4 га (9,8%), середньовікові – 8074,8 га (47,5%), пристиглі – 3520,6 га (20,7%), стиглі – 2984,7 га (17,5%), перестійні – 757,5 га (4,5%). При цьому розподіл вікової структури дослідних лісостанів за участю ялиці загалом рівномірний, серед яких частка молодняків складає 20,5, середньовікових – 12,5, пристиглих – 22,5, стиглих – 21,5 і перестійних – 23,0%. Такий розподіл пов'язаний з тим, що ліси дослідного регіону мають різний статус захищеності. Головним чином, йдеться про обмежену лісгосподарську діяльність у межах природно-заповідних об'єктів різних категорій НПП «Гуцульщина» (заказники, заповідні урочища, пам'ятки природи). У таких лісах присутні як порушені природні комплекси, так і масиви лісових культур, де доцільно здійснювати екологічно необтяжливе традиційне лісове господарство і діяльність природоохоронно-відтворювального та рекреаційно-освітнього напрямів.

Зі збільшенням частки *Abies alba* в складі деревостану та переходом від молодших до старших категорій стиглості спостережено загальну тенденцію до зростання індексу санітарного стану. Це засвідчує погіршення санітарного стану ялицевих насаджень з віком і може бути пов'язано з посиленням конкуренції між деревами за ресурси, що призводить до ослаблення окремих особин та створення сприятливих умов для розвитку різних видів фітопатогенів (табл. 4).

Таблиця 4. Індекс санітарного стану деревостанів за участю *Abies alba* залежно від частки деревного виду у складі за віковими групами

Table 4. Sanitary condition index of forest stands with the participation of *Abies alba* depending on the proportion of the species in the stand composition by age class

Частка ялиці у складі деревостану, од.	Вікові групи				
	Молодняки	Середньовікові	Пристиглі	Стигли	Перестійні
3-4	1,47	2,02	1,73	1,20	1,00
5-6	1,55	3,34	2,74	1,29	1,00
7-8	1,63	3,85	2,91	1,38	1,10
9-10	1,86	4,31	3,54	1,55	1,25

Високі значення індексу фіксуються у пристиглих деревостанах, де частка ялиці у складі висока. Це може бути пов'язано з підвищеною сприйнятливістю деревних рослин до збудників

хвороб і шкідників, а також природним старінням деревних рослин, ослабленням їхньої життєздатності. У стиглих і перестійних деревостанах за усіх можливих комбінацій участі *Abies alba* у

складі спостерігається певна стабілізація індексу санітарного стану. Це може бути пов'язано з тим, що найслабші дерева вже відпали, а решта пристосувалися до умов середовища. У групі ризику – середньовікові ліси, які наразі знаходяться на межі переходу до стиглої фази, що пов'язано з фізіологічними змінами, які знижують їхню стійкість до впливу абіотичних і біотичних чинників. Їхній сучасний стан вимагає розробки спеціальних програм моніторингу та прогнозування для своєчасного виявлення і запобігання подальшого ослаблення лісостанів.

За результатами досліджень багатьох науковців частка участі деревних видів у складі мішаних насаджень є одним із ключових чинників, що визначає їхню продуктивність і санітарний стан (Forrester et al., 2013; Dirnberger & Sterba, 2014). Результати проведених нами досліджень підтвердили цю тенденцію і засвідчили, що міні-

мальний рівень ослаблення дерев *Abies alba* спостерігається у деревостанах з часткою участі виду 25–30%, що дає підстави вважати зазначений інтервал ценотично оптимальним за інших рівних умов. Зокрема, індекс санітарного стану у середньовікових деревостанах з часткою участі ялиці у складі 3–4 од. становить 2,02 (ослаблені), 5–6 од. – 3,34 (сильно ослаблені), а 7–8 та 9–10 од. – 3,85 і 4,31 відповідно (всихаючі).

Найвищий показник ослаблених особин (від загальної кількості облікованих дерев *Abies alba*, що знаходяться у межах дослідних ділянок з відповідним складом) фіксується у лісостанах із часткою ялиці 9–10 одиниць. Саме чисті ялицеві деревостани є найбільш ураженими різноманітними збудниками. Найменше значення цей показник має тоді, коли частка ялиці у складі деревостану знаходиться у межах ценотичного оптимуму (25–30%) впродовж усього періоду вирощування (рис. 1).

Частка Яцб у складі

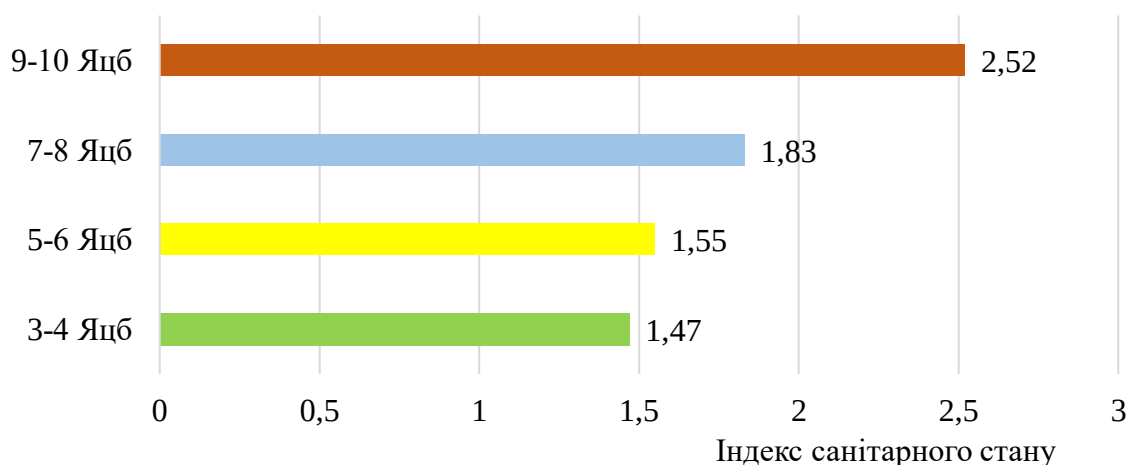


Рис. 1. Санітарний стан ялицевих деревостанів, що різняться часткою участі *Abies alba* у складі деревостану
Fig. 1. Sanitary condition of fir stands differing in the proportion of *Abies alba* in the stand composition

Необхідно зауважити, що отримані дані узгоджуються із загальною теорією, яка стверджує, що чисті деревостани є менш стійкими до впливу негативних факторів довкілля, а, відповідно, більш ослабленими порівняно з мішаними за складом деревостанами.

Ялицеві лісостани Покутсько-Буковинських Карпат – це унікальні, головним чином, природні угруповання, які характеризуються мозаїчністю і високим рівнем заселеності суміжних територій. Частина лісів регіону входить до заповідної зони ННП «Гуцульщина». Особливу цінність складають старовікові ліси і праліси. Саме тому потрібно враховувати той чинник, що на частині дослідних об'єктів практично не ведеться традиційна лісогосподарська діяльність, що дає змогу берегти і відтворювати природні екосистеми. Проте детальний аналіз санітарного стану

ялицевих лісостанів, що різняться часткою участі *Abies alba* у складі деревостану, дає змогу виокремити деякі особливості, які сформували прямий вплив на індивідуальну біотичну стійкість деревного виду та загальний санітарний стан ялицевих деревостанів.

Встановлено, що погіршення загального фітосанітарного стану ялицевих лісів найчастіше пов'язано із патологією (абіотичного чи біотичного походження) *Picea abies*, яка виступає провідним супутнім видом для *Abies alba*. Часто ці два деревні види інфікуються (пошкоджуються) однаковими видами фітопатогенних організмів і, таким чином, виникає високий ризик передачі інфекції контактним шляхом (від хворої до здорової особини). При цьому навіть незначна домішка листяних видів (*Fagus sylvatica*, *Carpinus betulus*, *Betula pendula*, *Populus tremula*, *Acer*

pseudoplatanus та ін.) вагомо підсилює загальну картину резистентності ялицевого лісостану.

Генезис лісостану як чинник його біотичної резистентності. Відомо, що генезис лісових ценозів є визначальним чинником їх майбутньої біотичної стійкості. На більшості обстежених дослідних ділянок спостережено добре та задовільне природне насінне поновлення *Abies alba* (яке значною мірою залежить від інтенсивності розвитку трав'яного вкриття та підліску), що свідчить про корінну фітоценотичну природу ялицевих лісів в умовах Покутсько-Буковинських Карпат. Загалом в ялицевих деревостанах підріст розміщується рівномірно по площі, але його густина часто відзначається значною варіабельністю. Аналізуючи участь деревних видів у природному поновленні встановлено доміну-

вання *Abies alba*, частка якої від загальної кількості самосіву і підросту складає 35,0-90,0%. Це дає підставу зробити припущення, що в цих умовах деревний вид може зайняти домінуюче положення у процесі природної зміни материнського деревостану.

Аналіз лісівничо-таксаційних описів підприємств, які здійснюють лісгосподарську діяльність у межах досліджуваного регіону, дає підставу стверджувати, що 76,1% лісів Покутсько-Буковинських Карпат мають природне походження, а 23,9% – створені штучно. При цьому детальний аналіз деревостанів із переважанням у складі *Abies alba* засвідчує, що 83,5% ялицевих лісів Покутсько-Буковинських Карпат мають природне походження і лише 16,5% – штучне (табл. 5).

Таблиця 5. Розподіл площ лісів *Abies alba* Покутсько-Буковинських Карпат за походженням
Table 5. Distribution of *Abies alba* forest areas in the Pokuttia-Bukovyna Carpathians by origin

Категорія лісостану	Походження				Разом	
	Природне		Штучне (лісові культури)			
	Площа		Площа		Площа	
	га	%	га	%	га	%
Ліси із переважанням у складі <i>Abies alba</i>	14204,2	83,5	2806,8	16,5	17011,0	100,0

Встановлено, що санітарний стан деревостанів із переважанням у складі *Abies alba* корелює,

залежно від генезису, із типом лісу, в яких він формується (рис. 2).

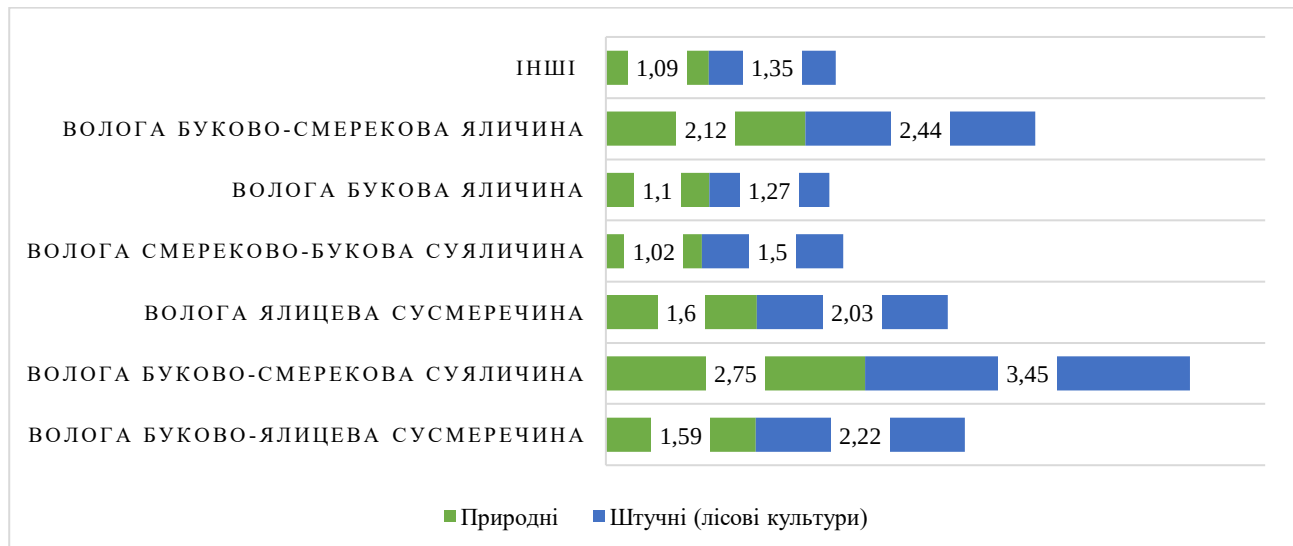


Рис. 2. Поширення патологій різного генезису у ялицевих лісах Покутсько-Буковинських Карпат (аналіз на основі середньозваженого показника Іс)

Fig. 2. Distribution of pathologies of various origins in fir forests of the Pokuttia-Bukovyna Carpathians (analysis based on the weighted average Is index)

Прослідковується чітка залежність підвищення середньозваженого показника індексу санітарного стану у деревостанах штучного походження (за інших рівних умов). Ця

тенденція зберігається у різних типах лісу. Так, найбільш ослабленими виявились ялицеві ліси, що сформувалися в умовах вологої буково-смерекової суяличини. При цьому у лісах

природного походження індекс санітарного стану був значно нижчим ($I_s = 2,75$), порівняно зі значенням, розрахованим для штучних насаджень ($I_s = 3,45$). Подібну тенденцію відзначено також в ялицевих деревостанах, які характеризуються слабким ступенем пошкодження / ураження. Так, наприклад, індекс санітарного стану природних лісів, що ростуть у вологій буково-ялицевій сушмеречині, становить 1,59, а в штучних лісах – 2,22. Навіть у ялицевих лісах, що відзначені нами як здорові, спостережено деяке зміщення індексу санітарного стану у бік його підвищення у лісостанах штучного походження.

Дискусія (Discussion).

Отримані результати фітосанітарного моніторингу свідчать, що деревостани за участю *Abies alba* у Покутсько-Буковинських Карпатах перебувають переважно у стані фізіологічного ослаблення. Просторова мозаїчність значень індексу санітарного стану (1,39–3,55) відображає істотну неоднорідність реакцій деревостанів на комплекс стресорів, що загалом узгоджується з підходами до розуміння “осередковості” деградації гірських хвойних лісів як результату взаємодії кліматичних, типологічних і біотичних чинників (Парпан & Гудима, 2015; Швиденко та ін., 2018). Водночас, на відміну від інших наукових робіт, де ослаблення інтерпретується насамперед як наслідок макрокліматичних трендів, наші дані підкреслюють роль локальних умов місцезростання (вікова структура, генезис, тип лісорослинних умов тощо) як “підсилювачів” стресу (Герушинський, 1996; Шпарик і ін., 2020).

Домінування ознак фізіологічного пригнічення за відсутності типових морфологічних симптомів у частини дерев підтверджує латентний характер патологічних процесів. Це узгоджується з сучасними уявленнями про те, що захворювання і пошкодження в лісі часто є не лише наслідком, але й чинником, який посилює інші порушення (вітровали, засухи, інвазії комах), формуючи явище деградації (Cobb, & Metz, 2017). З іншого боку, дані про тенденцію зростання середніх значень індексу санітарного стану на більшості пробних площ у 2021–2023 рр. доцільно розглядати і в контексті кліматично зумовлених змін та порушенні водного режиму, про що свідчать регіональні оцінки вразливості лісів України та тенденції трансформації лісорослинних умов у Карпатах (Швиденко та ін., 2018; Шпарик та ін., 2020). У цьому аспекті показовими є результати європейських досліджень радіального приросту, де для бука і ялиці, які ростуть поряд, встановлено різні реакції на зміну середовища залежно від клімату та умов місцезростання, що добре корелює з нашою мозаїчністю стану деревостанів (Bosela et al., 2018).

Особливу наукову увагу привертають дані з пробних площ 6, 12, 13 і 14 зі стабільно високим рівнем деградації. Їх можна розглядати як локальні “осередки ризику”, де поєднуються надмірна вологість ґрунту, конкурентний прес з боку *Picea abies*, а також активізація комплексу біотичних чинників. Важливо, що подібні фітоценотичні передумови ослаблення *Abies alba* для Покутських Карпат уже описані іншими авторами; наші дані підтверджують їхні висновки, але водночас деталізують просторово-часову стабільність таких осередків за індексом санітарного стану (Сорока та ін., 2019; Лосюк та ін., 2022). У цьому контексті логічно залучити до дискусії і результати Forrester et al. (2013), які показали, що комплементарність у мішаних деревостанах *Abies alba* – *Picea abies* істотно змінюється залежно від клімату, умов місцезростання і повноти, тобто сам факт змішування деревних видів ще не гарантує стабільності – вирішальними є конкретні екологічні налаштування ділянки.

Виявлений зв'язок між типом лісу та інтенсивністю патологічних процесів підтверджує ключову роль типологічного чинника. Найвищий рівень ослаблення у вологій буково-смерековій суяличині (середньозважений індекс 3,38) може бути наслідком поєднання конкурентного тиску смереки, підвищеної вологості та сприятливих умов для циркуляції інфекційних агентів. Цей висновок узгоджується з класичними положеннями типології Українських Карпат щодо обмежень і ризиків для ялиці поза її біоекологічним оптимумом (Герушинський, 1996; Тереля, 2000), а також з уявленнями про оптимальність ялицево-букових лісів як формацій, в яких *Abies alba* демонструє кращу стабільність порівняно з менш збалансованими за складом фітоценозами (Мякушко, 1971; Черневий, 2013). Водночас наші результати дозволяють дещо уточнити дискусійне питання “первинності” типологічного чи кліматичного драйвера: навіть за наявності загального кліматичного тиску, різко відмінні значення індексу між площами вказують, що локальні лісорослинні умови здатні істотно модифікувати прояв деградаційних процесів (Bosela et al., 2018; Шпарик та ін., 2020).

Фітосанітарний моніторинг засвідчив важливу роль патогенної біоти та її ценотичної організації. Виявлення збудників бактеріальної водянки та виразково-пухлиноподібної хвороби підтверджує значущість інфекційної етіології в деградації ялицевих деревостанів, що добре співвідноситься з результатами, отриманими для *Abies alba* в регіоні, де бактеріальну водянку розглядають як вагомий фактор ослаблення (Kulbanska et al., 2022). Поряд з цим, пошкодження камбіофагами, виявлені на частині дерев III

категорії, доцільно інтерпретувати переважно як вторинне заселення ослаблених дерев, що узгоджується із загальними уявленнями про послідовність розвитку патологічних процесів у лісових екосистемах (Cobb, & Metz, 2017). Значна частка механічних пошкоджень (вітровали, буреломи, морозобійні тріщини) додатково підкреслює важливість екстремальних гідрометеорологічних подій як тригерів ризику для гірських лісів, що загалом відповідає регіональним оцінкам трансформацій у Карпатському регіоні (Парпан, Гудима, 2015; Швиденко та ін., 2018).

Отримані дані про вищу стійкість різновікових мішаних деревостанів, порівняно з одновіковими та одновидовими, загалом підтримують концепцію підвищеної екосистемної стабільності структурно складних фітоценозів. Цей висновок добре узгоджується з біоекологічними принципами підтримання стійкості гірських лісових екосистем та з практиками наближеного до природи лісівництва, де різновіковість і складність структури розглядають як механізми буферування стресу (Bončina, 2011; Parpan, 2016). Водночас, з огляду на встановлені “вузли деградації”, потрібно зауважити: структурна складність сама по собі не усуває ризиків, якщо деревостани сформовані в умовах типологічної неузгодженості або за високого конкурентного тиску смереки (Герушинський, 1996; Forrester et al., 2013).

У сукупності результати вказують, що стан *Abies alba* у досліджуваному регіоні визначається тривалою багатофакторною взаємодією, а прогресування деградаційних процесів має тенденцію до просторового розширення осередків і структурного руйнування деревостанів. Це співзвучно з висновками регіональних досліджень про сучасний стан ялицевих лісів Покутських Карпат, але наші дані акцентують увагу саме на діагностичній цінності індексу санітарного стану для раннього виявлення зон ризику та обґрунтування пріоритетів лісівничих заходів (Сорока та ін., 2019, 2024; Лосюк та ін., 2022). Враховуючи кліматичні тенденції та очікувану зміну лісорослинних умов у Карпатах, подальші дослідження мають бути спрямовані на прогнозування ризиків та оптимізацію лісівничих рішень з урахуванням типологічної відповідності, структури деревостану і фітопатологічних загроз (Parpan, 2016; Швиденко та ін., 2018; Шпарик та ін., 2020).

Висновки (Conclusions).

1. Санітарний стан деревостанів за участю *Abies alba* Mill. у Покутсько-Буковинських Карпатах оцінюється як ослаблений, з переважанням ознак фізіологічного пригнічення біотичного походження. Середні значення індексу санітарного стану (I_s) варіюють від 1,39 до 3,55, що відповідає

стану від слабо до середньоослабленого деревостану та свідчить про значну просторово-часову неоднорідність фітосанітарної ситуації. Найвищі показники ослаблення зафіксовані на пробних площах 6, 12, 13 та 14 ($I_s = 3,51–3,55$), тоді як на ділянках 2, 4, 5 і 7 I_s становив 1,39–1,77. Впродовж трирічного спостереження на більшості пробних площ I_s зростав на 0,15–0,35, що відображає посилення стресового навантаження на дерева.

2. Деревостани з мішаним видовим складом і складною структурною організацією характеризуються підвищеною продуктивністю та колективною резистентністю до абіотичних і біотичних чинників. Багаторівнева структура деревостанів, що включає види з різними типами кореневих систем, сприяє ефективнішому використанню ґрунтової вологи та поживних речовин, зміцнює протиерозійну функцію лісів та підвищує їхню стійкість до вітровалів, сніголамів, лісових пожеж і шкідників.

3. Поширення та інтенсивність патологічних процесів визначаються лісорослинними умовами. Найбільш ослаблені деревостани виявлено у вологій буково-смерековій суяличині ($I_s = 3,38$), тоді як у вологій смереково-буковій суяличині та вологій буковій яличині санітарний стан залишається стабільним ($I_s = 1,12; 1,30$). Збільшення частки *Picea abies* та відхилення умов від еколого-біотичного оптимуму для ялиці супроводжується підвищенням ризику деградаційних процесів.

4. Структурно-функціональна організація патогенної біоти значною мірою визначається видовим і віковим складом деревостанів. Найбільші площі серед лісів за участю ялиці білої охоплюють деревостани з участю у складі 5–6 одиниць ялиці (47,0%), тоді як інші варіанти (3 або 9–10 одиниць) трапляються рідше (3,5–5,5 %) і демонструють підвищену фітосанітарну вразливість. Індекс санітарного стану зростає зі збільшенням частки ялиці та віку деревостанів – від 1,47–1,86 до 3,34–4,31; у перестійних лісах I_s стабілізується на рівні 1,00–1,25. Середньовікові деревостани з часткою *Abies alba* у складі понад 50% є найбільш уразливими і потребують пріоритетного моніторингу.

5. Санітарний стан деревостанів значною мірою залежить від генезису та видового складу лісів. У природних за походженням деревостанах I_s нижчий, ніж у штучних: у вологій буково-смерековій суяличині – 2,75 проти 3,45; у вологій буково-ялицевій сушмеречині – 1,59 проти 2,22. Навіть незначна домішка листяних видів і природне формування деревостанів підвищують біотичну стійкість *Abies alba*.

6. Отримані результати підтверджують важливість врахування лісівничо-таксаційних показ-

ників (типу лісорослиних умов, вікової структури, походження деревостанів, видового складу) для прогнозування темпів деградації та розроблення ефективних заходів із підтримання належного санітарного стану деревостанів. Отримані дані мають практичне значення для лісовпорядкування, управління гірськими лісовими екосистемами та запровадження заходів з підвищення стійкості лісів до негативного впливу біотичних та абіотичних чинників.

Конфлікт інтересів (Conflicts of Interest).

Автори заявляють про відсутність у них відомих конкуруючих фінансових інтересів чи особистих зв'язків, які могли б вплинути на результати, представлені у цій статті.

Список літератури (References)

- Annals of the nature of the national natural park “Hutsulshchyna”. (2015). *Annals of the nature of the national natural park “Hutsulshchyna”* (Vol. 12). NNP “Hutsulshchyna”.
<https://nrat.ukrintei.ua/searchdoc/0120U103872/>
 [Літопис природи НПП «Гуцульщина» (2015). Косів: НПП «Гуцульщина», т. 12.] (in Ukrainian)
- Bončina, A. (2011). History, current status and future prospects of uneven-aged forest management in the Dinaric region: An overview. *Forestry*, 84(5), 467–478. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpr023>
- Bosela, M., Lukac, M., Castagneri, D., Sedmák, R., Biber, P., Carrer, M., & Büntgen, U. (2018). Contrasting effects of environmental change on the radial growth of co-occurring beech and fir trees across Europe. *Science of the Total Environment*, 615, 1460–1469.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.092>
- Cherneviy, Yu. I. (2013). Development of the vertical structure of mountain fir-beech stands. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 23(6), 93–100.
nv.nltu.edu.ua/Archive/2013/23_6/index23_6.htm
 [Черневий, Ю. І. (2013). Розвиток вертикальної структури гірських ялицево-букових деревостанів. *Науковий вісник НЛТУ України*, 23(6), 93–100.] (in Ukrainian)
- Cobb, R. C., & Metz, M. R. (2017). Tree diseases as a cause and consequence of interacting forest disturbances. *Forests*, 8(5), 147.
<https://doi.org/10.3390/f8050147>
- Debryniuk, Iu. M. (2011). Dieback of the spruce forests: Causes and consequences. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 21(16), 32–38.
nv.nltu.edu.ua/Archive/2011/21_16/index.htm
 [Дебрінюк, Ю. М. (2011). Всихання смерекових лісів: причини та наслідки. *Науковий вісник НЛТУ України*, 21(16), 32–38.] (in Ukrainian)
- Dirnberger, G. F., & Sterba, H. (2014). A comparison of different methods to estimate species proportions by area in mixed stands. *Forest Systems*, 23(3), 534–546.
- Forrester, D. I., Kohnle, U., Albrecht, A. T., & Bauhus, J. (2013). Complementarity in mixed-species stands of *Abies alba* and *Picea abies* varies with climate, site quality and stand density. *Forest Ecology and Management*, 309, 88–98.
<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.01.022>
- Gerushinsky, Z. Yu. (1996). *Typology of the forests of the Ukrainian Carpathians*. Піраміда. [Герушинський, З. Ю. (1996). *Типологія лісів Українських Карпат*. Львів: Піраміда. 208 с.] (in Ukrainian)
- Golubets, M. A. (2003). Geobotanical zoning of the Ukrainian Carpathians is the basis of sustainable environmental management. In *Ecological collection: Ecological problems of the Carpathian region* (T. Shevchenko Scientific Society, XII, pp. 283–292).
 [Голубець, М. А. (2003). Геоботанічне районування Українських Карпат – основа раціонального природокористування. *Екологічний збірник: Екологічні проблеми Карпатського регіону*, Наукове товариство ім. Т. Шевченка, XII, 283–292.] (in Ukrainian)
- Gudyma, V. D., Parpan, T. V., & Plikhtyak, P. P. (2019). Functional-purpose and age structure of mountain forests of the Ukrainian Carpathians. *Forestry and Agroforestry*, 133, 71–77.
<https://doi.org/10.33220/1026-3365.133.2018.71>
 [Гудима, В. Д., Парпан, Т. В., Пліхтяк, П. П. (2019). Функціонально-цільова і вікова структура гірських лісів Українських Карпат. *Лісівництво та агролісомеліорація*, 133, 71–77.] (in Ukrainian)
- Hostiuk, Z. V., & Melnyk, A. V. (2017). The Pokuttia Carpathians in the system of physical and geographical regionalization of the Ukrainian Carpathians. *Fizychna Neohrafiia ta Neomorfologhiia*, 4(88), 12–21. <https://surl.li/qkcigx>
 [Гостюк, З. В., Мельник, А. В. (2017). Покутські Карпати в системі фізико-географічного районування Українських Карпат. *Фізична географія та геоморфологія*, 4(88), 12–21.] (in Ukrainian)
- Krynytsky, H., Korol, M., Lavnyy, V., Kovalova, V., Kramarets, V., Krynytska, O., & Mahuran, V. (2023). Silvicultural and ecological features of distribution and enhancement of biotic resistance of pine forest stands in the Lviv region. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 25, 87–97. <https://doi.org/10.15421/412306>
 [Криницький, Г., Король, М., Лавний, В., Ковальова, В., Крамарець, В., Криницька, О., Магуран, В. (2023). Лісівничо-екологічні особливості поширення та підвищення біотичної стійкості

- соснових лісостанів в умовах Львівського регіону. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 25, 87–97.] (in Ukrainian)
- Kulbanska, I. M., Plikhtyak, P. P., Shvets, M. V., Soroka, M. I., & Goychuk, A. F. (2022). *Lelliottia nimipressuralis* (Carter 1945) Brady et al. 2013 as the causative agent of bacterial dropsy of common silver fir (*Abies alba* Mill.). *Folia Forestalia Polonica, Series A – Forestry*, 64(3), 173–183. <https://doi.org/10.2478/ffp-2022-0017>
- Losyuk, V., Pohribnyi, O., Tomych, M., Chaskovsky, O., & Vandzhurak, P. (2022). The condition and structure of fir forests of the Pokuttia Carpathians. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 24, 79–90. <https://doi.org/10.15421/412207>
- [Лосюк, В. П., Погрібний, О. О., Томич, М. В., Часковський, О. Г., Ванджурак, П. І. (2022). Стан і структура ялицевих лісів Покутських Карпат. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 24, 79–90.] (in Ukrainian)
- Matuszkiewicz, W. (2022). *Guide for the determination of plant communities in Poland*. PWN.
- [Matuszkiewicz, W. (2022). *Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski*. Warszawa: PWN.] (in Polish)
- Meshkova, V. L., Borysenko, O. I., & Pryhornytskyi, V. I. (2018). Forest site conditions and other features of Scots pine stands favorable for bark beetles. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 16, 106–114. <https://doi.org/10.15421/411812>
- Miakushko, V. K. (1971). Fir–beech forests. In *Vegetation of the Ukrainian SSR. Forests of the Ukrainian SSR* (pp. 189–193). Naukova dumka.
- [М'якушко, В. К. (1971). Ялицево-букові ліси. У *Рослинність УРСР. Ліси УРСР* (с. 189–193). Київ: Наукова думка.] (in Ukrainian)
- Parpan, T. V. (2016). Bioecological principles of maintaining stability in mountain forest ecosystems of the Ukrainian Carpathians. *Biosystems Diversity*, 24(2), 371–377. <https://doi.org/10.15421/011649>
- Parpan, T. V., & Gudyma, V. D. (2015). Natural and anthropogenic changes in mountain forest ecosystems of the Ukrainian Carpathians and ways of maintaining their stability. *Forestry and Agroforestry*, 126, 212–217. jnas.nbuv.gov.ua/uk/article/UJRN-0000538181
- [Парпан, Т. В., Гудима, В. Д. (2015). Природно-антропогенні зміни в гірських лісових екосистемах Українських Карпат та шляхи підтримки їхньої стабільності. *Лісівництво і агролісомеліорація*, 126, 212–217.] (in Ukrainian)
- Plichciak, P., Kulbanska, I., Soroka, M., & Gojczuk, A. (2023). Changes in the species composition of fir-beech forests under the influence of selective cutting in the Pokutsky Carpathians (Ukraine). *Management of Environmental Protection in Forests*, XV, 7–22. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0054.7138>
- [Plichciak, P., Kulbanska, I., Soroka, M., & Gojczuk, A. (2023). Zmiany składu gatunkowego lasów jodłowo-bukowych pod wpływem cięć selektywnych w Karpatach Pokuckich (Ukraine). *Zarządzanie ochroną przyrody w lasach*, XV, 7–22.] (in Polish)
- Saban, Ya. O. (1990). Regarding increasing the productivity of the forests of the Ukrainian Carpathians. In *Forest management system in the mountainous conditions of the Carpathians* (pp. 119–120). KF UkrNDILGA.
- [Сабан, Я. О. (1990). Щодо підвищення продуктивності лісів Українських Карпат. *Система ведення лісового господарства в гірських умовах Карпат*. Івано-Франківськ: КФ УкрНДІЛГА, 119–120.] (in Ukrainian)
- Cabinet of Ministers of Ukraine. (1995). *Sanitary rules in the forests of Ukraine* (Resolution No. 555; revised July 24, 2022). <http://www.drs.gov.ua/wp-content/uploads/2018/10/14175-22.10.18.pdf>
- [Санітарні правила в лісах України (1995). Затв. Постановою Кабінету Міністрів України від 26.10.2016 р., № 756. 31 с.] (in Ukrainian)
- Shparyk, Yu. S., Krynytskyi, H. T., & Debryniuk, Iu. M. (2020). Trends in the dynamics of types of forest vegetation conditions and species composition of stands in the Ukrainian Carpathians in connection with climate change. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 20, 82–92. <https://doi.org/10.15421/412008>
- [Шпарик, Ю. С., Криницький, Г. Т., Дебринюк, Ю. М. (2020). Тенденції динаміки типів лісорослинних умов і породного складу деревостанів Українських Карпат у зв'язку зі змінами клімату. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 20, 82–92.] (in Ukrainian)
- Shvydenko, A. I. (1980). *Fir forests of Ukraine*. Vyshcha Shkola.
- [Швыденко, А. И. (1980). *Пихтовые леса Украины*. Львов: Вища школа. 264 с.] (in Russian)
- Shvydenko, A. Z., Buksha, I. F., & Krakovska, S. V. (2018). *Vulnerability of Ukrainian forests to climate change*. Nika-Tsentr.
- [Швиденко, А. З., Букша, І. Ф., Краковська, С. В. (2018). *Уразливість лісів України до зміни клімату*. Київ: Ніка-Центр. 184 с.] (in Ukrainian)
- Soroka, M., Wozniak, A., Hoiychuk, A., Oniskiv, A., & Plikhtyak, P. (2019). Phytocoenotic preconditions of drying of *Abies alba* Mill. dieback in the forest cenoses of the Pokut Carpathians. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 18, 21–34. <https://doi.org/10.15421/411902>

- [Сорока, М., Возняк, А., Гойчук, А., Ониськів, А., Пліхтяк, П. (2019). Фітоценотичні передумови всихання *Abies alba* Mill. у лісових ценозах державного підприємства «Кутське лісове господарство». *Наукові праці ЛАН України*, 18, 21–34.] (in Ukrainian)
- Soroka, M., Wozniak, A., Plikhtyak, P., Hoychuk, A., & Kulbanska, I. (2024). System-and-structural features of the phytobiota of the fir-beech forests of the Pokuttia Carpathians. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 26, 20–34. <https://doi.org/10.15421/412401>
- [Сорока, М. І., Возняк, А., Пліхтяк, П. П., Гойчук, А. Ф., Кульбанська, І. М. (2024). Системно-структурні особливості фітобіоти ялицево-букових лісів Покутських Карпат. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 26, 20–34.] (in Ukrainian)
- Terelya, I. P. (2000). To the question of the cadastre of white fir forest types in the Ukrainian Carpathians. In *The concept of development of forest typology in Ukraine in the context of forest education and increasing the productivity of forest plantations* (pp. 121–124). [Тереля, І. П. (2000). До питання кадастру типів лісу ялиці білої в Українських Карпатах. *Концепція розвитку лісової типології в Україні в контексті лісової освіти і підвищення продуктивності лісових насаджень*. Харків, 121–124.] (in Ukrainian)
- Ukrainian State projekt forestry production association (Ukrderzhlisproekt). (n.d.). *Ukrderzhlisproekt* [Website]. <https://nfi.lisproekt.gov.ua/>
- [Українське державне проектне лісовпорядне виробниче об'єднання «Укрдержлісprojekt».] (in Ukrainian)
- Vandzhurak, P., & Debryniuk, Iu. (2022). The Pokuttia Carpathians as a natural and forestry region of the Ukrainian Carpathians. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 24, 47–55. <https://doi.org/10.15421/412204>
- [Ванджурак, П. І., Дебрінюк, Ю. М. (2022). Покутські Карпати як природно-лісогосподарський регіон Українських Карпат. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 24, 47–55.] (in Ukrainian)
- Vandzhurak, P., Debryniuk, Iu., & Savchyn, V. (2023). Forest stands of the Pokuttia Carpathians: Distribution and forest mensurational description. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 25, 39–55. <https://doi.org/10.15421/412303>
- [Ванджурак, П. І., Дебрінюк, Ю. М., Савчин, В. М. (2022). Лісостани Покутських Карпат: поширення та лісівничо-таксаційна характеристика. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 25, 39–55.] (in Ukrainian)

Forest-mensuration determinants of the formation of the sanitary condition of forest stands with the participation of *Abies alba* Mill. in the Pokuttia–Bukovyna Carpathians

I. Kulbanska¹, A. Goychuk², M. Soroka³

Contemporary approaches to assessing the sanitary condition of forest stands involving *Abies alba* Mill. are summarized, and the key role of forest-mensuration indicators in shaping their resilience under the influence of abiotic, anthropogenic, and biotic factors is identified. The aim of the study was to determine the determinants of the sanitary condition of forests in the Pokuttia–Bukovyna Carpathians and to reveal the dynamics of degradation and recovery processes depending on the structure and typological characteristics of forest stands.

The study was conducted in 2021–2023 across 15 sample plots, which are characterized by diverse silvicultural and forest inventory attributes, using forest pathological transect surveys and determining the weighted average sanitary condition index (Is). The information base comprised forest inventory data provided by forestry enterprises through the Ukrainian State Forest Management Planning Association (Ukrderzhlisproekt), as well as data obtained as a result of field phytosanitary surveys.

¹ Ivanna Kulbanska – Corresponding Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor at Forestry. National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 19 General Rodimtsev St., Kyiv, 03041, Ukraine. E-mail: kulbanska@nubip.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3424-8106>

² Anatoliy Goychuk – Full Member of Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Doctor of Agricultural sciences, Professor, Professor at the Department of Applied Biology, Animal Breeding and Genetics. National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 19 General Rodimtsev St., Kyiv, 03041, Ukraine. E-mail: ogoychuk@gmail.com ORCID <https://orcid.org/0000-0002-6827-2307>

³ Soroka Myroslava – Full Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Doctor of Biological Sciences, Professor at the Department of Botany. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprinka St., Lviv, 79057, Ukraine. E-mail: myroslava_soroka@yahoo.com ORCID <https://orcid.org/0000-0002-1037-6904>

The mean values of the sanitary condition index ranged from 1.39 to 3.55, corresponding to forest stands conditions from slightly weakened to moderately weakened, and indicating pronounced spatio-temporal heterogeneity of the phytosanitary situation. The most weakened stands were identified in sample plots 6, 12, 13, and 14 ($I_s = 3.51\text{--}3.55$), whereas in plots 2, 4, 5, and 7 the I_s values ranged from 1.39 to 1.77. In the majority of sample plots, an increase in I_s by 0.15–0.35 was recorded over the three-year period, reflecting an intensification of stress pressure.

Multispecies and structurally complex forest stands are characterized by increased productivity and enhanced collective resistance to both abiotic and biotic factors. A multi-layered forest stand structure composed of species with different types of root systems, ensures more efficient utilization of soil moisture and nutrients, enhances the forests' anti-erosion function, and increases their resistance to windthrows, snowbreaks, fires, and phytophagous insects.

The distribution and intensity of pathological processes are influenced by forest site types. The highest level of weakening was recorded in moist beech–spruce forest stands of fairly fertile fir-forest type ($I_s = 3.38$; 46.5% of the area), whereas in moist spruce–beech forests of fairly fertile fir-forest type and moist beech forests of fertile fir-forest type, the sanitary condition remains stable ($I_s = 1.12$ and 1.30, respectively). An increase in the proportion of *Picea abies* and deviations of site conditions from the ecological and biological optimum for fir are accompanied by an elevated risk of forest stand degradation.

The structural and functional organization of pathogenic biota depends on the species composition and age structure of forest stands. The largest areas are occupied by stands containing 5–6 units of fir (47.0%), whereas extreme variants (3 and 9–10 units) occur less frequently (3.5–5.5%) and are characterized by increased phytosanitary vulnerability. The sanitary condition index increases with a higher proportion of fir and stand age, from 1.47–1.86 to 3.34–4.31; in overmature forests. I_s stabilizes at 1.00–1.25. Middle-aged fir stands with a proportion of *Abies alba* exceeding 50% are the most vulnerable and require priority monitoring.

The sanitary condition of forest stands involving *Abies alba* is largely dependent on their genesis and species composition. In natural stands (83.5% of the area), I_s is lower than that in artificially established stands: in moist beech–spruce stands of fairly fertile fir-forest type, 2.75 versus 3.45; in moist beech–fir stands of fairly fertile spruce-forest type, 1.59 versus 2.22. Even a minor admixture of broad-leaved species and natural stand formation enhance the biotic resistance of *Abies alba*.

The results obtained confirm the importance of silvicultural and mensurational parameters (forest type, age structure, origin, species composition) for predicting degradation rates and developing a system of measures to maintain the sanitary condition of forest stands. These findings are of practical significance for forest regulation, management of mountain forest ecosystems, and enhancing forest resistance to negative biotic and abiotic factors.

Key words: *Abies alba*; phytosanitary monitoring; forest ecosystems; age structure; genesis; forest site type; sanitary condition index.



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

<http://fasu.nltu.edu.ua>
<https://doi.org/10.36930/412524>
Article received 2025.07.10
Article revised 2025.12.08
Article accepted 2025.12.18
Article published 2026.03.12

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

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 (CC BY 4.0) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)



УДК 630*181.9

Видова і висотна структура підросту після проведення першого прийому рівномірно-поступової рубки у лісах Українського Розточчя

В.В. Лавний¹, А.П. Іванюк², О.Б. Михайлів³, Т.В. Юськевич⁴, П. Шпатгельф⁵

Досліджено процес природного поновлення впродовж п'яти років після проведення першого прийому рівномірно-поступової рубки в сосновому, дубовому і буковому деревостанах на території Страдцівського навчально-виробничого лісокомбінату НЛТУ України. Проаналізовано кількість, видовий склад, висотну структуру та частоту трапляння самосіву і підросту окремих деревних видів. Встановлено, що після проведення рубки на всіх трьох експериментальних ділянках сформувалася достатня кількість життєздатного підросту головних деревних видів.

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 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>

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 Юськевич Тарас Васильович – кандидат сільськогосподарських наук, завідувач 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>

⁵ 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>

У сосновому деревостані в умовах свіжого грабово-дубово-соснового сузгруду Страдчівського лісництва загальна кількість самосіву і підросту впродовж п'яти років зменшилася на 12,7% – з 20574 до 17964 шт./га. Зафіксовано позитивну динаміку появи підросту дуба звичайного, чисельність якого зросла майже втричі, а трапляння збільшилося з 4 до 15%, що вказує на активне закріплення цього деревного виду під наметом соснового деревостану.

У дубовому деревостані Лелехівського лісництва у рік проведення рівномірно-поступової рубки на ділянці обліковано 41825 шт./га самосіву і підросту, а через п'ять років їхня кількість зросла до 46805 тис. шт./га. Під наметом дубового деревостану після першого прийому рівномірно-поступової рубки спостерігається майже двадцятиразове збільшення кількості самосіву та підросту дуба звичайного – від 576 шт./га восени 2020 р. до 11129 шт./га восени 2025 року. Таке різке збільшення кількості рослин пояснюється рясним плодоношенням дуба звичайного восени 2024 року.

Ключові слова: рубки головного користування; природне поновлення; сосна звичайна; дуб звичайний; бук лісовий; лісівництво.

Вступ (Introduction).

Соснові, дубові та букові лісостани формують більшість лісових екосистем Українського Розточчя. В численних публікаціях науковців, які проводили дослідження в цьому регіоні, висвітлено дані щодо значних потенційних можливостей природного відтворення цих лісостанів, що є ключовим аспектом концепції наближеного до природи лісівництва (Мазепа, Криницька, 2015; Lavnyu et al., 2022). Проте, для отримання достатньої кількості підросту та подальшого формування якісних природних соснових і дубових деревостанів необхідно проводити лісівничі заходи для сприяння природному поновленню деревних видів, зокрема розріджування крон до зімкнутості 0,6-0,7 та зменшення конкуренції з боку трав'яного вкриття і підліску (Криницька, 2019).

Фундаментальні лісівничо-екологічні засади природного відтворення сосново-дубових лісостанів в умовах Львівського Розточчя обґрунтовано у дисертаційному дослідженні О.Г. Криницької (2019). Зокрема встановлено, що вирішальну роль у формуванні життєздатного підросту сосни звичайної та дуба звичайного відіграють світловий режим, структура материнського деревостану та ґрунтово-гідрологічні умови. При цьому ефективність природного поновлення значною мірою залежить від правильно підібраної системи рубок головного користування та мінімізації антропогенного впливу на лісову підстилку.

Подальший розвиток цих положень спостережено в інших роботах (Зварич та ін., 2016; Lavnyu et al., 2022), де на основі польових досліджень у лісах західного регіону України обґрунтовано лісівничі підходи до стимулювання природного поновлення сосни звичайної. Доведено, що вибір інтенсивності та просторової структури рубок істотно впливає на видовий склад і вертикальну структуру підросту, а також на його конкурентоспроможність у мішаних деревостанах на відносно родючих ґрунтах Українського Розточчя.

В іншій роботі (Мазепа, Криницька, 2015) проаналізовано тенденції зміни екологічних чинників у процесі формування молодих деревостанів. Зазначено, що природне поновлення супроводжується поступовою стабілізацією мікрокліматичних умов, зменшенням контрастності зволоження і температури ґрунту, що позитивно впливає на виживання та ріст самосіву і підросту деревних видів.

Окремий напрям досліджень присвячено впливу різних способів рубок на процеси природного поновлення. Зокрема, за результатами досліджень Spathelf et al. (2024) встановлено, що способи суцільних і поступових рубок по-різному впливають на видовий склад і просторову структуру підросту в дубових лісах. Подібні тенденції виявлено також і в інших дослідженнях (Ткач, Жежжун, 2024) щодо застосування рівномірно-поступових рубок у соснових деревостанах Полісся України та лісовідновних рубок в дубових лісостанах Лівобережного Лісостепу (Ткач, Румянцев, Лук'янець, 2023).

Значний науковий інтерес становлять дослідження польських учених (Paluch, 2005; Dobrowolska, 2006, 2007, 2008, 2010; Andrzejczyk et al., 2009), які висвітлюють процеси природного поновлення лісів після впливу різних чинників – пожеж, вітровалів та лісогосподарських заходів. Їхні результати підтверджують універсальність екологічних механізмів природного відтворення сосни та дуба і водночас підкреслюють необхідність адаптації лісівничих рішень до конкретних регіональних умов.

Історико-теоретичні основи вибору систем рубок головного користування та їх лісівниче значення розглянуто у класичних працях Włoczewski (1959) та Twaróg (2003), які залишаються актуальними й на сьогодні у контексті формування концепції наближеного до природи лісівництва. У сучасних українських дослідженнях (Кімейчук, Кайдик, 2022; Криницький та ін., 2022) акцентовано увагу на оцінюванні успішності природного поновлення під наметом деревостанів і на зрубках.

Таким чином, аналіз наукових джерел свідчить, що природне поновлення під наметом соснових, дубових і букових лісостанів є складним багатofакторним процесом, успішність якого визначається поєднанням екологічних умов, структури материнського деревостану та застосованих лісівничих заходів. Водночас низка питань, зокрема оптимізація режимів рубок з урахуванням регіональної специфіки Українського Розточчя, потребує подальших досліджень, що й зумовлює актуальність цієї тематики.

Актуальним науковим завданням є оцінювання процесів природного поновлення деревних видів після першого прийому рівномірно-поступових рубок у різних типах деревостанів, зокрема за показниками чисельності, видового складу та висотної структури підросту.

Мета досліджень – проаналізувати кількість, видовий склад, висотну структуру та частоту трапляння самосіву і підросту деревних видів через п'ять років після проведення першого

прийому рівномірно-поступової рубки головного користування у сосновому, дубовому та буковому деревостанах Українського Розточчя.

Об'єкти і методика дослідження (Objects and methods).

Об'єкт дослідження – процес природного поновлення деревних видів після проведення першого прийому рівномірно-поступової рубки головного користування. Предмет дослідження – видовий склад та висотна структура самосіву і підросту під наметом соснового, дубового і букового деревостанів.

Дослідження успішності природного поновлення деревних видів проводили у жовтні 2025 р. на трьох ділянках у Страдчівському, Лелехівському та Великопільському лісництвах Страдчівського навчально-виробничого лісокомбінату НЛТУ України, на яких у в лютому-березні 2020 р. було проведено перший прийом рівномірно-поступової рубки (табл. 1).

Таблиця 1. Лісівничо-таксаційні показники деревостанів на пробних площах
Table 1. Forest mensuration indicators of tree stands on sample plots

Склад деревостану	Вік, років	Клас бонітету	Середній діаметр, см	Середня висота, м	Відносна повнота	Запас, м ³ /га
Страдчівське л-во, Страдчівський НВЛК НЛТУ України (кв. 38, вид. 8, С ₂ -Г-ДС)						
8С32Бк+Гз, Клг, Яв	113	I	45,7	31,8	0,71	593
Лелехівське л-во, Страдчівський НВЛК НЛТУ України (кв. 17, вид. 5, С ₂ -Г-сД)						
9Дзв1Гз+Сзв, Бп	138	II	44,8	29,5	0,68	325
Великопільське л-во, Страдчівський НВЛК НЛТУ України (кв. 15, вид. 6, Д ₂ -д-ГБк)						
10Бкз+Гз	113	I	44,9	30,3	0,73	380

Інтенсивність рубки в сосновому деревостані становила 23,9% (заготовлено 142 м³·га⁻¹ із загального запасу деревостану 593 м³·га⁻¹). В дубовому деревостані була дещо вища інтенсивність рубки – 31,7% (заготовлено 103 м³·га⁻¹ із загального запасу деревостану 325 м³·га⁻¹). В буковому деревостані була подібна інтенсивність рубки – 32,1% (заготовлено 122 м³·га⁻¹ із загального запасу деревостану 380 м³·га⁻¹). Після проведеного прийому рубки наприкінці вегетаційного періоду в жовтні 2020 р. було здійснено облік самосіву і підросту деревних видів, результати якого було висвітлено в попередніх публікаціях (Lavnyu et al., 2022; Spathelf et al., 2024).

Облік самосіву і підросту проводили вибірковим методом на облікових площадках за апробованими методиками, висвітленими у публікаціях інших дослідників (Вишневський, 2015; Міліневич та ін., 2025). Облікові площадки розміром 2 × 2 м в кількості 25-30 шт. на 1 га закладено

рівномірно на площі через 10 м за діагональними ходами. Способом суцільного переліку на них визначено кількість життєздатних рослин головних і супутніх деревних видів. Облік самосіву і підросту здійснювали за видовим складом і висотними групами (до 20 см; 21-50 см; 51-130 см; понад 130 см). Просторовий розподіл підросту оцінювали за показником частоти трапляння, який визначали як відношення кількості облікових площадок з наявним підростом певного виду до загальної кількості площадок, виражений у відсотках. Для аналізу успішності проходження процесу природного поновлення деревних видів після проведення рівномірно-поступових рубок порівнювали кількість і висотну структуру підросту восени 2025 р. з результатами 2020 року.

Результати (Results).

Повторні обстеження підросту деревних видів через п'ять років після проведення першого прийому рівномірно-поступових рубок засвідчили

суттєві зміни його кількості, видового складу та висотної структури в сосновому, дубовому і буковому деревостанах Українського Розточчя. На всіх трьох експериментальних ділянках сформувався життєздатний підріст як головних так і супутніх деревних видів, однак кількість і характер його розвитку істотно різнилися.

У сосновому деревостані в умовах свіжого грабово-дубово-соснового сугруду Страдцівського л-ва загальна кількість самосіву і підросту впродовж п'яти років зменшилася на 12,7% – з 20574 до 17964 шт./га (табл. 2). В основному це зменшення відбулося за рахунок відпаду підросту сосни звичайної – на 3 тис. шт./га та граба звичайного – понад 2 тис. шт./га.

Таблиця 2. Кількість самосіву і підросту деревних видів за групами висот на пробній площі в сосновому деревостані через п'ять років після проведення першого прийому рівномірно-поступової рубки, шт./га

Table 2. The number of self-seeding and undergrowth of tree species by height groups on the sample plot in the Scots pine stand 5 years after the first cut of the uniform shelterwood felling, pcs./ha

Деревні види	Група висот, см	Сезон і рік проведення обліку підросту			
		Осінь 2020 року		Осінь 2025 року	
		Кількість, шт./га	Трапляння, %	Кількість, шт./га	Трапляння, %
Сосна звичайна	до 20	13269	69	1574	63
	21-50	96		4815	
	51-130	0		3889	
	понад 130	0		93	
	разом	13365		10370	
Дуб звичайний	до 20	0	4	185	15
	21-50	192		463	
	51-130	96		185	
	понад 130	0		0	
	разом	288		833	
Граб звичайний	до 20	385	23	0	19
	21-50	865		93	
	51-130	2596		556	
	понад 130	0		370	
	разом	3846		1019	
Інші деревні вид	до 20	672	19	93	44
	21-50	576		185	
	51-130	1827		2130	
	понад 130	0		3334	
	разом	3075		5742	
ВСЬОГО	до 20	14326	77	1852	74
	21-50	1729		5555	
	51-130	4519		6759	
	понад 130	0		3797	
	разом	20574		17964	

У видовому складі підросту, крім головних лісотвірних видів, виявлено ще шість супутніх – клен-явір, дуб червоний, березу повислу, вербу козячу, вербу білу, горобину звичайну (в табл. 1 вони зазначені як «інші види»). Загалом чисельність підросту цих видів після рубки збільшилась на понад

2,2 тис. шт./га. Зокрема, в декілька разів збільшилась кількість самосіву і підросту верби козячої та горобини звичайної. Водночас кількість підросту клена-явора зменшилась на 2 тис. шт./га (рис. 1).

Сосна звичайна демонструє стабільність територіального розміщення (див. табл. 1, рис. 1). Попри

зниження кількісних показників на 22,4%, показник її трапляння залишився на високому рівні (63%), що свідчить про збереження рівномірного просторового розташування головного деревного виду в майбутньому деревостані. Зафіксовано позитивну динаміку появи підросту дуба звичайного, чисельність якого зросла майже втричі, а трапляння збільшилося з 4 до 15%, що вказує на активне закріплення цього деревного виду під наметом соснового деревостану. Водночас чисельність граба звичайного скоротилася з 3,8 до 1,0 тис. шт./га, проте зниження його трапляння залишилося незначним

(на 4%). Найбільш агресивну територіальну експансію виявлено серед групи інших деревних видів, зокрема верби козячої, показник трапляння якої зріс з 19 до 44% та супроводився збільшенням кількості рослин у високих групах підросту (3334 шт./га у категорії понад 130 см). Таке домінування другорядних деревних видів у верхньому ярусі підросту створює критичний конкурентний тиск на світлолюбну сосну звичайну, що в перспективі може призвести до небажаної зміни лісотвірного деревного виду без вчасного проведення лісівничого догляду.

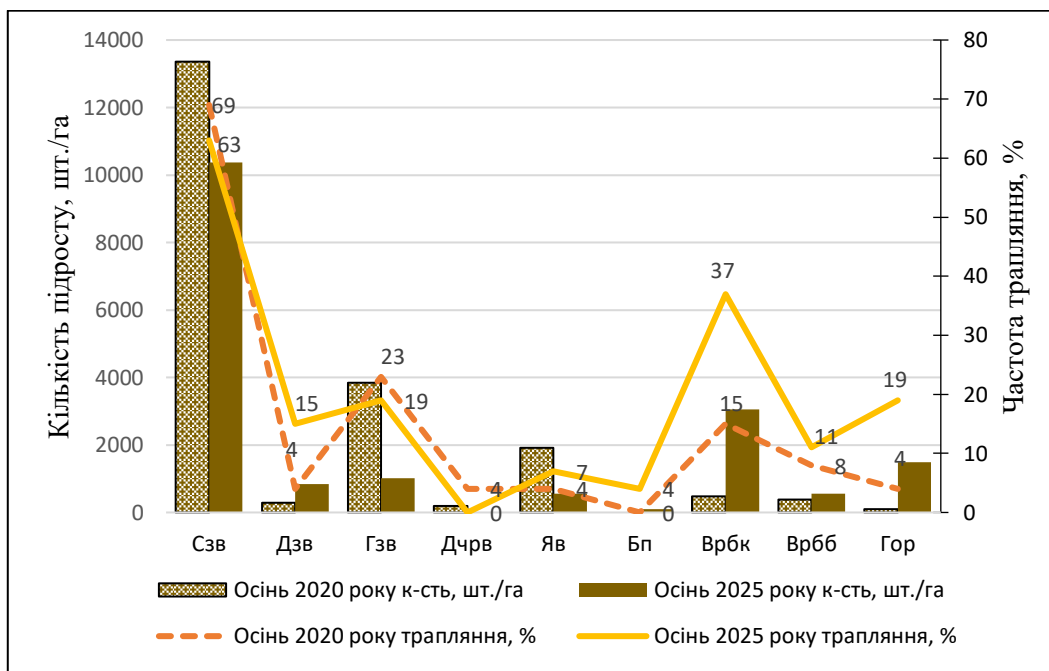


Рис. 1. Видова структура і частота трапляння підросту у сосновому деревостані
Fig. 1. Species structure and occurrence rate of young growth in the Scots pine stand

У 2020 р. природне поновлення було представлено переважно самосівом заввишки до 20 см (69,6% від загальної кількості самосіву і підросту). Станом на 2025 р. висотна структура підросту зазнала істотних змін: чисельність дрібного

підросту найнижчої групи (до 20 см) зменшилася з 14326 до 1852 шт./га (до 10,3%), натомість кількість середнього і великого підросту у висотних групах 51-130 см і понад 130 см зросла до 6759 і 3797 шт./га відповідно (рис. 2).

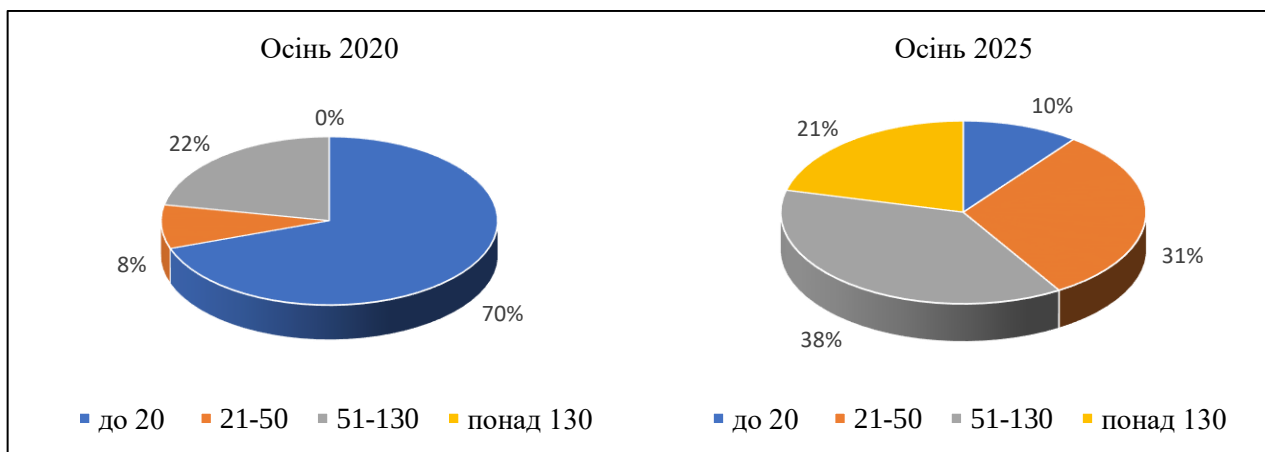


Рис. 2. Висотна структура підросту в сосновому деревостані, см
Fig. 2. Height structure of young growth in the Scots pine stand, cm

Встановлені зміни свідчать про перехід значної частини самосіву у вищі висотні групи, формування перспективного підросту та підтверджує ефективність проведеного лісгосподарського заходу – першого прийому рівномірно-поступової рубки у контексті створення сприятливого світлового режиму для активізації природного поновлення деревних видів.

На іншій аналізованій ділянці в дубовому деревостані Лелехівського л-ва (кв. 17, вид. 5) природне поновлення деревних видів також оцінюється як добре. В рік проведення рівномірно-поступової рубки на ділянці обліковано 41825 шт./га самосіву і підросту, а через п'ять років їхня кількість зросла до 46805 шт./га (табл. 3).

За результатами дослідження, під наметом дубового деревостану після першого прийому рівномірно-поступової рубки спостережено майже двадцятиразове збільшення кількості самосіву та підросту дуба звичайного – від 576 шт./га восени 2020 р. до 11129 шт./га восени 2025 року. Окрім позитивного впливу першого прийому рівномірно-поступової рубки, таке збільшення пояснюється також рясним плодоношенням дуба восени 2024 року. Аналіз складу деревних видів показав, що серед самосіву і підросту домінують граб звичайний і дуб звичайний, частка яких за даними останнього обліку становить 40 і 23% від загальної кількості самосіву і підросту деревних видів.

Таблиця 3. Кількість самосіву і підросту деревних видів за групами висот на пробній площі в дубовому деревостані через п'ять років після проведення першого прийому рівномірно-поступової рубки, шт./га

Table 3. The number of self-seeding and undergrowth of tree species by height groups on the sample plot in the oak stand 5 years after the first cut of the uniform shelterwood felling, pcs./ha

Деревні види	Група висот, см	Сезон і рік проведення обліку підросту			
		Осінь 2020 року		Осінь 2025 року	
		Кількість, шт./га	Трапляння, %	Кількість, шт./га	Трапляння, %
Дуб звичайний	до 20	288	4	8790	71
	21-50	192		2177	
	51-130	96		161	
	понад 130	0		0	
	разом	576		11129	
Сосна звичайна	до 20	2019	46	323	32
	21-50	0		806	
	51-130	0		968	
	понад 130	0		0	
	разом	2019		2097	
Граб звичайний	до 20	11635	77	1964	82
	21-50	1538		5323	
	51-130	481		6935	
	понад 130	0		4516	
	разом	13654		18738	
Інші деревні види	до 20	10673	4	323	4
	21-50	10576		1371	
	51-130	4327		4275	
	понад 130	0		8873	
	разом	25576		14841	
ВСЬОГО	до 20	24615	92	11400	100
	21-50	12306		9677	
	51-130	4904		12339	
	понад 130	0		13389	
	разом	41825		46805	

Кількість самосіву і підросту сосни звичайної під наметом дубового деревостану майже не змінилася. Проте сильне розрідження намету деревостану першим прийомом рівномірно-поступової рубки спонукало появу значної кількості самосіву супутніх видів. Зокрема, за обліком восени 2020 р. найчисельнішим був підріст верби козячої (понад 20 тис. шт./га), дещо в меншій кількості – берези повислої (4,5 тис. шт./га) і поодинокі – клена-явора, горобини звичайної. За даними обліку підросту восени 2025 р. спостережено збагачення його видового складу за рахунок появи черемхи звичайної (7 тис. шт./га) та поодиноких рослин липи серцелистої і вільхи чорної (рис. 3). Загалом, кількість підросту супутніх деревних видів зменшилась майже на 58%, здебільшого за рахунок підросту верби козячої. Для збереження наяв-

ного самосіву дуба звичайного потрібно збільшити освітлення поверхні ґрунту в місцях його росту, зокрема за рахунок розрідження густих куртин підросту супутніх деревних видів, зокрема черемхи звичайної та верби козячої.

Зростання загальної кількості підросту на 11,9% впродовж п'яти років засвідчує, що створений світловий режим після першого прийому рубки виявився оптимальним не лише для появи нового самосіву, але й для збереження вже наявного підросту. Якщо у 2020 р. його загальне трапляння становило 92%, то у 2025 р. цей показник досяг 100%, що свідчить про повне та рівномірне заповнення площі молодим поколінням лісу. Показник частоти трапляння дуба звичайного значно зріс – з 15 до 71%, що вказує на формування потенційно життєздатного молодого дубового деревостану.

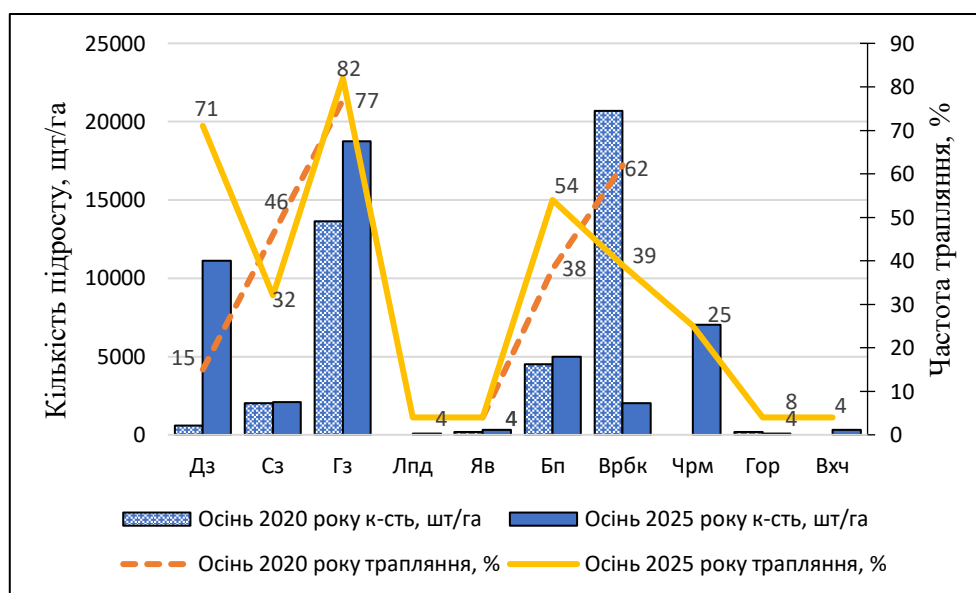


Рис. 3. Видова структура і частота трапляння підросту в дубовому деревостані
Fig. 3. Species structure and occurrence rate of young growth in the oak stand

У 2020 р. понад половину (58,8%) від всього природного поновлення становив дрібний само-

сів, що вказувало на початкову стадію формування нового покоління лісу (рис. 4).

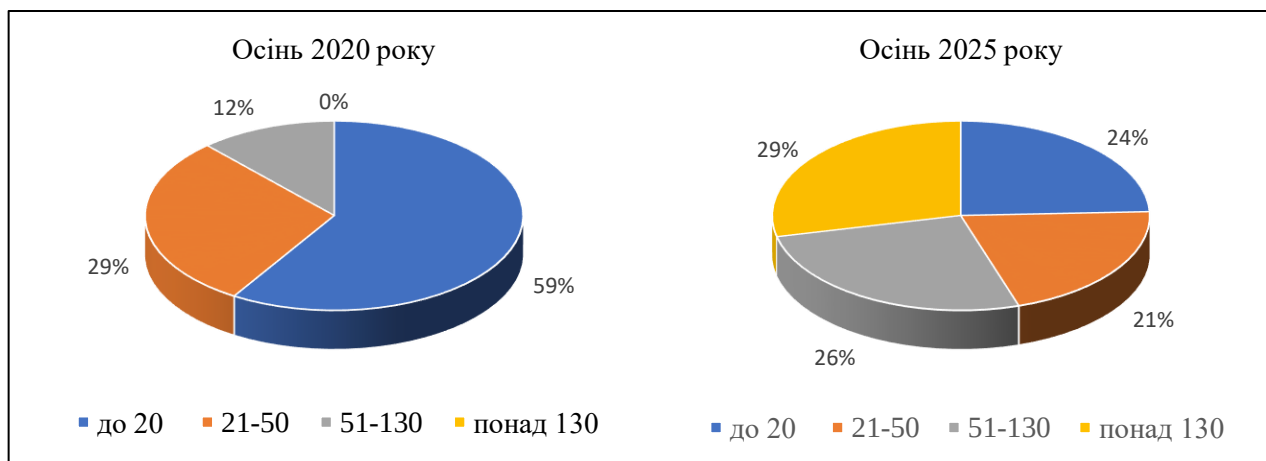


Рис. 4. Структура підросту за висотою в дубовому деревостані, см
Fig. 4. Height structure and occurrence rate of young growth in the oak stand

До 2025 р. структура підросту стала більш збалансованою, а домінантною групою став підріст висотою понад 130 см (28,6%). Отже екологічна ніша, звільнена після першого прийому рубки, була миттєво зайнята найбільш життєздатними деревними рослинами. Показники групи 51-130 см зросли більш ніж удвічі (з 11,8 до 26,3%), що створює надійний "резерв" для поповнення верхнього ярусу підросту в наступні роки.

Результати досліджень підросту в умовах свіжої дубово-грабової бучини Великопільського

л-ва (кв. 15, вид 6) показали, що внаслідок проведення першого прийому рівномірно-поступової рубки у буковому деревостані значно активізувався процес природного поновлення деревних видів. За п'ятирічний період загальна чисельність підросту зросла більш ніж у п'ять разів – з 10,7 тис. шт./га у 2020 р. до 54,4 тис. шт./га у 2025 році. Показник трапляння досяг абсолютного максимуму (100%), що вказує на повне охоплення ділянки молодим поколінням лісу (табл. 4).

Таблиця 4. Кількість самосіву і підросту деревних видів за групами висот на пробній площі в буковому деревостані через 5 років після проведення першого прийому рівномірно-поступової рубки, шт./га

Table 4. The number of self-seeding and undergrowth of tree species by height groups on the sample plot in the beech stand 5 years after the first cut of the uniform shelterwood felling, pcs./ha

Деревні види	Група висот, см	Сезон і рік проведення обліку підросту			
		Осінь 2020 року		Осінь 2025 року	
		Кількість, шт./га	Трапляння, %	Кількість, шт./га	Трапляння, %
Бук лісовий	до 20	523	37	9758	84
	21-50	814		14194	
	51-130	698		5645	
	понад 130	58		968	
	разом	2093		30565	
Граб звичайний	до 20	3081	37	484	39
	21-50	349		1935	
	51-130	58		1532	
	понад 130	0		161	
	разом	3488		4113	
Клен-явір	до 20	2384	58	5242	94
	21-50	930		2823	
	51-130	58		2984	
	понад 130	0		2500	
	разом	3372		13548	
Інші деревні види	до 20	1454	26	1935	19
	21-50	233		1855	
	51-130	58		1855	
	понад 130	0		565	
	разом	1745		6210	
ВСЬОГО	до 20	7442	91	17419	100
	21-50	2326		20806	
	51-130	872		12016	
	понад 130	58		4194	
	разом	10698		54435	

Впродовж п'яти років відбулася докорінна зміна лісівничих показників самосіву і підросту. Якщо у 2020 р. поновлення мало полідомінантний характер з переважанням граба звичайного (33%)

та клена-явора (31%), то у 2025 р. бук лісовий став абсолютним домінантом, займаючи 56% від загальної кількості підросту (рис. 5). Клен-явір продемонстрував збереження частки у три одиниці

складу. Важливо зауважити, що хоча його відносна частка трохи знизилася, в абсолютному значенні його кількість зросла у чотири рази, що є позитивним аспектом з погляду збільшення біорізноманіття. Частка граба звичайного зменшилась

до 7%. Зважаючи на те, що склад підросту трансформувався до 6БкЗЯв1Гз + Бп, Сзв, в майбутньому варто очікувати формування корінного високопродуктивного деревостану з переважанням у складі бука лісового.

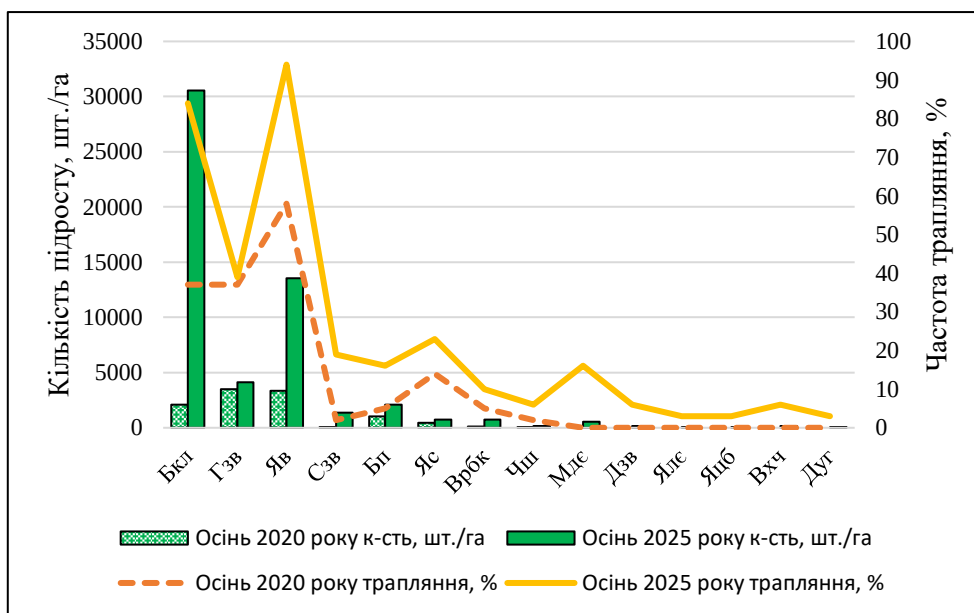


Рис. 5. Видова структура та частота трапляння підросту в буковому деревостані
Fig. 5. Species structure and occurrence rate of young growth in the beech stand

Багаті лісорослині умови (свіжий груд) на ділянці букового деревостану сприяли значному видовому різноманіттю деревних видів у підрості. На час обстеження у 2020 р., окрім бука лісового, граба звичайного та клена-явора, в облік ще потрапили береза повисла (1 тис. шт./га) та незначна кількість ясена звичайного, верби козячої, сосни звичайної, черешні. Загалом чисельність підросту супутніх видів становила 16% від його загальної кількості.

Через п'ять років кількість супутніх видів у підрості збільшилась. До згаданих видів обліку 2020 р., восени 2025 р. під час обліку виявлено поодинокі рослини модрина європейської, вільхи чорної, дуба звичайного, ялини європейської, ялиці білої та дугласії. Незважаючи на значне різ-

номаніття супутніх видів, їхня чисельність становить лише 11% від загальної кількості підросту на цій ділянці.

Висотний розподіл підросту в буковому деревостані характеризується зростанням його чисельності в усіх групах, однак найвагомніше збільшення зафіксовано в категоріях 21-50 см (до 20,8 тис. шт./га) та 51-130 см (до 12 тис. шт./га). Така зміна чисельності свідчить про активний розвиток молодого покоління дерев після проведення першого прийому рівномірно-поступової рубки. Частка підросту заввишки понад 130 см також є суттєвою (4,2 тис. шт./га), що підтверджує наявність сформованого підросту, здатного швидко реагувати на зміни освітлення (рис. 6).

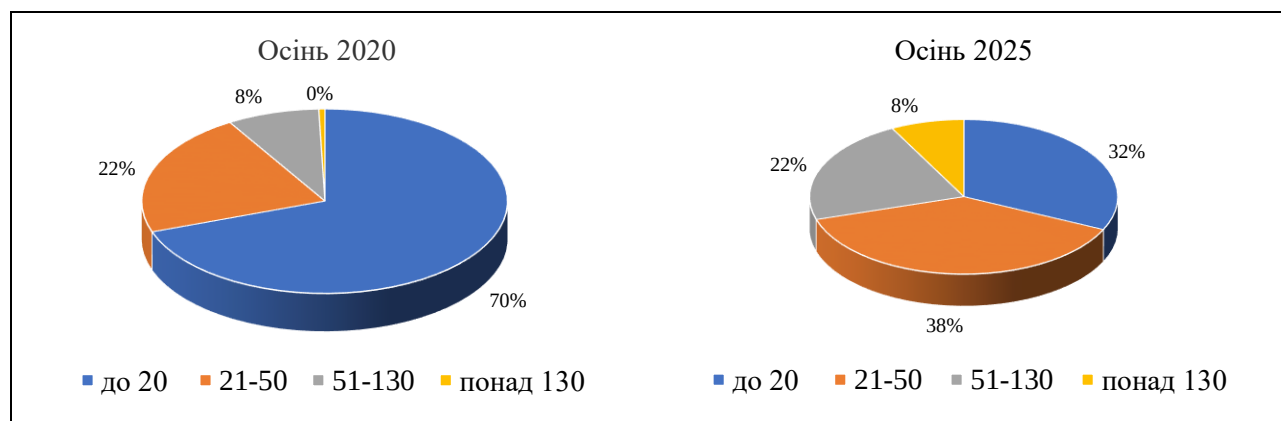


Рис. 6. Висотна структура підросту в буковому лісостані, см
Fig. 6. Height structure of young growth in the beech stand, cm

Аналіз просторової структури підросту за показником частоти трапляння показав, що поширення самосіву і підросту є загалом нерівномірним, а характер його просторового розміщення залежить від багатьох чинників. Для соснового деревостану характерне переважно групове зосередження підросту, тоді як у дубовому деревостані спостережено наявність підросту на всіх облікових площах, але переважно за рахунок супутніх деревних видів. У буковому деревостані поновлення відзначається найвищою інтенсивністю та суцільним покриттям площі ділянки головними видами.

Загалом на досліджених ділянках через п'ять років простежується тенденція до зменшення чисельності дрібного самосіву (до 20 см) та збільшення кількості підросту заввишки понад 0,5 м. Така динаміка свідчить про поступове формування життєздатного молодого покоління деревних видів після проведення першого прийому рівномірно-поступових рубок, що є важливою передумовою для подальшого проходження процесу лісовідновлення природним шляхом.

Дискусія (Discussion).

Отримані результати досліджень підтверджують, що рівномірно-поступові рубки забезпечують формування достатньої кількості підросту господарсько цінних деревних видів. Це засвідчує класичні положення про важливе значення систем рубок головного користування для лісівництва (Włoczewski, 1959) та підтверджує результати сучасних досліджень ефективності застосування поступових рубок у соснових лісах (Ткач, Жежжун, 2024). Проте успішність процесу природного поновлення деревних видів після проведення першого прийому рубки залежить від низки чинників – складу і будови материнського деревостану, його повноти, типу лісу, складу і висоти живого надґрунтового вкриття тощо.

У сосновому деревостані динаміка чисельності самосіву і підросту (зменшення з 20,6 до 18,0 тис. шт./га) та зміна його висотної структури відображають природні процеси диференціації. Подібні тенденції описує О.Г. Криницька (2019), вказуючи на важливість переходу рослин у вищі висотні групи як ознаку стабілізації процесу природного поновлення. Дослідження у соснових лісах Полісся та Розточчя також підтверджують, що успішність природного поновлення сосни під наметом деревостану часто лімітується конкуренцією з боку інших деревних рослин, що потребує лісівничого втручання (Кімейчук, Кайдик, 2022; Lavnyy et al., 2022). Як альтернативу рівномірно-поступовій рубці головного користування, Czacharowski, & Volibok (2025) рекомендують застосування групово-вибіркової рубки з невеликими розмірами вікон (0,05-0,30 га). Отримані дослідниками попередні результати показали, що

чисельність підросту деревних видів у прогалинах великих розмірів була більш ніж утричі вищою, ніж у малих. Однак через вісім років ця відмінність у чисельності зникла і розмір «вікон» у подальшому суттєво не впливав ні на кількість підросту, ні на його висоту.

Для дубового деревостану зафіксоване нами різке збільшення кількості підросту дуба через п'ять років (від 0,6 до 11,1 тис. шт./га) повністю узгоджується з періодичністю плодоношення дуба звичайного. Однак серйозний конкурентний тиск на нього чинить значна кількість підросту граба та розростання ожини й ліщини на ділянці. В досліджуваному нами деревостані сильне розрідження намету спричинило розростання підросту супутніх видів, які становлять конкуренцію для молодих особин дуба і сосни. Подібну тенденцію спостерігала і Dobrowolska (2006), яка вказувала на зменшення кількості підросту дуба зі збільшенням розміру прогалин. Подібні проблеми описує Paluch (2005) зазначаючи, що без належних заходів сприяння (догляд за підростом, регулювання конкурентної рослинності) самосів дуба може масово гинути в перші роки життя. Досліджуючи природне поновлення під наметом старовікових деревостанів Природного заповідника «Розточчя» О.Д. Зварич та ін. (2016) зауважують, що підріст дуба звичайного переважно доживає лише до 2-3 років. Проблема домінування граба та інших другорядних деревних видів є характерною і для свіжих судібров Розточчя (Lavnyy et al., 2022; Spathelf et al., 2024).

У буковому деревостані інтенсивність поновлення деревних видів виявилася найвищою (понад 54 тис. шт./га), що підтверджує високу регенераційну здатність бука після розрідження намету (Криницький та ін., 2022). Поява значної кількості самосіву клена-явора в освітлених вікнах вказує на динамічність майбутньої структури лісу, що корелює з результатами досліджень інших авторів (Ванджурак, Дебринюк, 2024) про вплив мікроекологічних умов на склад підросту.

Отже, перший прийом рівномірно-поступової рубки у досліджених деревостанах забезпечив появу підросту лісотвірних деревних видів, але подальша динаміка його розвитку визначатиметься не лише кількістю, але й просторовим розподілом, висотною структурою та конкуренцією з боку супутніх деревних і кущових видів. Сучасні концепції формування деревостанів через відбір «дерев майбутнього» та використання мартелоскопів для планування лісгосподарських заходів (Spathelf et al., 2023, 2024) можуть стати ефективним інструментом для забезпечення цільового породного складу та структури деревостанів на наступних етапах їхнього формування.

Висновки (Conclusions).

1. Через п'ять років після проведення першого прийому рівномірно-поступової рубки в сосновому, дубовому та буковому деревостанах Українського Розточчя сформувалася достатня кількість життєздатного самосіву і підросту головних і супутніх деревних видів, що загалом свідчить про успішне проходження процесу природного поновлення.

2. У сосновому деревостані відбулося зменшення загальної кількості підросту, проте зафіксовано позитивні зміни його висотної структури, зокрема збільшення частки підросту висотою понад 0,5 м, що є передумовою формування його наступного молодого покоління.

3. У дубовому деревостані встановлено інтенсивне поновлення дуба звичайного, зумовлене поєднанням сприятливих світлових умов та рясного плодоношення. Водночас висока частка граба звичайного і другорядних деревних видів зумовлює необхідність проведення лісівничих заходів сприяння природному поновленню дуба.

4. У буковому деревостані природне поновлення характеризується найвищою інтенсивністю та домінуванням бука лісового, що підтверджує його високу екологічну пластичність і конкурентоспроможність у піднаметових умовах.

5. Загальна кількість і якість сформованого підросту в сосновому, дубовому та буковому деревостанах дає підставу розглядати можливість проведення кінцевого прийому рівномірно-поступової рубки за умови збереження життєздатного підросту господарсько цінних деревних видів і подальшого контролю за обмеженням впливу конкурентної рослинності.

Подяка (Acknowledgments).

Автори висловлюють подяку Федеральному міністерству продовольства та сільського господарства Німеччини (BMELH) за фінансову підтримку досліджень через Федеральне агентство сільського господарства та продовольства на основі рішення Парламенту Федеративної Республіки Німеччина.

The project is supported by funds of the Federal Ministry of Agriculture, Food and Regional Identity of Germany (BMELH) based on a decision of the Parliament of the Federal Republic of Germany via the Federal Office for Agriculture and Food (BLE).

Конфлікт інтересів (Conflicts of Interest).

Автори заявляють про відсутність у них відомих конкуруючих фінансових інтересів чи особистих зв'язків, які могли б вплинути на результати, представлені у цій статті.

Список літератури (References)

Andrzejczyk, T., Aleksandrowicz-Trzcińska, M., & Zybura, H. (2009). The effect of final cuts on the density, growth and health condition of pine natural

regeneration in the territory of the Tuszyna Forest District. *Forest Research Papers*, 70(1), 5–17. <https://www.ibles.pl/lesne-prace-badawcze-artukul/wpływ-cięc-rebnych-na-zageszczenie-wzrost-i-stan-zdrowotny-odnowien-naturalnych-sosny-w-warunkach-nadlesnictwa-tuszyna> [Andrzejczyk, T., Aleksandrowicz-Trzcińska, M., & Zybura, H. (2009). Wpływ cięć rębnych na zageszczenie, wzrost i stan zdrowotny odnowień naturalnych sosny w warunkach Nadleśnictwa Tuszyna. *Leśne Prace Badawcze*, 70(1), 5–17.] (in Polish)

Czacharowski, M., & Bolibok, L. (2025). The effect of gap size on the establishment and initial development of natural regeneration of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in oligotrophic sites. *European Journal of Forest Research*, 144(6), 1701–1717. <https://doi.org/10.1007/s10342-025-01835-9>

Dobrowolska, D. (2006). Oak natural regeneration and conversion processes in mixed Scots pine stands. *Forestry*, 79(5), 503–513. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpl034>

Dobrowolska, D. (2007). Forest natural regeneration in stands damaged by wind in north-eastern Poland. *Forest Research Papers*, 2, 45–60. [Dobrowolska, D. (2007). Odnowienie naturalne lasu w drzewostanach uszkodzonych przez wiatr na terenie północno-wschodniej Polski. *Leśne Prace Badawcze*, 2, 45–60.] (in Polish)

Dobrowolska, D. (2008). Natural regeneration on post-fire area in Rudy Raciborskie Forest District. *Forest Research Papers*, 69(3), 255–264. https://www.researchgate.net/publication/288257118_Odnowienie_naturalne_na_powierzchniach_uszkodzonych_przez_pozar_w_Nadlesnictwie_Rudy_Raciborskie

[Dobrowolska, D. (2008). Odnowienie naturalne na powierzchniach uszkodzonych przez pożar w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie. *Leśne Prace Badawcze*, 69(3), 255–264.] (in Polish)

Dobrowolska, D. (2010). Establishment condition of Scots pine natural regeneration in Tuszyna Forest District. *Forest Research Papers*, 71(3), 217–224. https://www.researchgate.net/publication/269507413_Establishment_condition_of_Scots_pine_natural_regeneration_in_Tuszyna_Forest_District

[Dobrowolska, D. (2010). Warunki powstawania odnowień naturalnych sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) na terenie Nadleśnictwa Tuszyna. *Leśne Prace Badawcze*, 71(3), 217–224.] (in Polish)

Kimeichuk, I. V., & Kaidyk, O. Yu. (2022). Growth, condition and success of natural regeneration of Scots pine on log cabins and under canopy plantations in the State Enterprise “Dobryanka Forestry”. *Bulletin of the Malyn Applied College*, 1, 83–95.

<https://journal.mltk.co.ua/wp-content/uploads/2024/02/292034-tekst-statti->

- 674531-1-10-20231130.pdf [Кімейчук, І. В., Кайдик, О. Ю. (2022). Ріст, стан та успішність природного поновлення сосни звичайної на зрубках і під наметом насаджень у ДП «Добрянське лісове господарство». *Вісник Малинського фахового коледжу*, 1, 83–95.] (in Ukrainian)
- Krynytska, O. G. (2019). *Forestry and ecological principles of natural reproduction and formation of pine-oak forests in the conditions of Lviv Roztochia* (Abstract of doctoral dissertation). Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration. uriffm.org.ua/media/dissertation/aref_0.pdf [Криницька, О. Г. (2019). Лісівничо-екологічні засади природного відтворення та формування сосново-дубових лісостанів в умовах Львівського Розточчя: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.03.03. Харків: УкрНДЦЛГА.] (in Ukrainian)
- Krynytskyi, H. T., Yakhnytskyi, V. Y., Pavliuk, N. V., & Pavliuk, V. V. (2022). Natural regeneration of pine and beech stands on Roztochchya. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 32(1), 25–29. <https://doi.org/10.36930/40320104> [Криницький, Г. Т., Яхницький, В. Й., Павлюк, Н. В., Павлюк, В. В. (2022). Природне поновлення сосново-букових деревостанів на Розточчі. *Науковий вісник НЛТУ України*, 32(1), 25–29.] (in Ukrainian)
- Lavnyy, V., Spathelf, P., Kravchuk, R., Vytseha, R., & Yakhnytskyi, V. (2022). Silvicultural options to promote natural regeneration of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in Western Ukrainian forests. *Journal of Forest Science*, 68(8), 298–310. <https://doi.org/10.17221/73/2022-JFS>
- Mazepa, V. H., & Krynytska, O. G. (2015). Trends in changes in ecological factors in naturally recreated forest stands of Lviv Roztochchya. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 11, 83–87. [//fasu.nltu.edu.ua/index.php/nplanu/article/view/330](http://fasu.nltu.edu.ua/index.php/nplanu/article/view/330) [Мазепа, В. Г., Криницька, О. Г. (2015). Тенденції зміни екологічних факторів у відтворених природним шляхом лісостанах Львівського Розточчя. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 11, 83–87.] (in Ukrainian)
- Milinevych, B., Zaika, V., Kovaleva, V., Yusypovych, Y., Pavuk, M., & Tusjak, V. (2025). Morphophysiological features of silver fir young growth formation under conditions of moist fairly fertile spruce-beech-fir forest type. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 28, 68–85. <https://doi.org/10.15421/412506> [Міліневич, Б., Заїка, В., Ковальова, В., Юсипович, Ю., Павук, М., Тисяк, В. (2025). Морфологічні особливості формування підросту *Abies alba* Mill. в умовах вологої смереково-букової суяличини. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 28, 68–85.] (in Ukrainian)
- Paluch, R. (2005). Natural regeneration of oak in the “Białowieża Primeval Forest” Promotional Forest Complex – state, conditions and prospects. *Sylvan*, 1, 30–41. bibliotekanauki.pl/articles/1022909.pdf [Paluch, R. (2005). Odnowienie naturalne dębu w Leśnym Kompleksie Promocyjnym „Puszcza Białowieża” – stan, warunki i perspektywy. *Sylvan*, 1, 30–41.] (in Polish)
- Spathelf, P., Lavnyy, V., Kravchuk, R., & Vytseha, R. (2023). Peculiarities of natural regeneration in oak forests after different methods of regeneration fellings. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*, 14(3), 47–63. doi.org/10.31548/forest/3.2023.47
- Spathelf, P., Lavnyy, V., Matysevych, O., & Danchuk, O. (2024). German-Ukrainian efforts towards building climate-resilient forests in Western Ukraine: First results of alternative regeneration systems. *South-East European Forestry*, 15(1), 81–89. doi.org/10.15177/see-for.24-04
- Tkach, V. P., Luk'yanets, V. A., & Rummyantsev, M. G. (2023). Natural regeneration of oak stands in the Left-Bank Forest-Steppe after regeneration felling. *Forestry and Forest Melioration*, 143, 3–12. <https://doi.org/10.33220/1026-3365.143.2023.3> [Ткач, В. П., Румянцев, М. Г., Лук'янець, В. А. (2023). Природне відновлення дубових насаджень Лівобережного лісостепу після проведення в них лісовідновних рубок. *Лісівництво і агролісомеліорація*, 143, 3–12.] (in Ukrainian)
- Tkach, V. P., & Zhezhkun, A. M. (2024). Features of the application of uniform shelterwood felling in pine stands in Polissia, Ukraine. *Forestry and Forest Melioration*, 144, 3–12. doi.org/10.33220/1026-3365.144.2024.3 [Ткач, В. П., & Жежкун, А. М. (2024). Особливості застосування рівномірно-поступових рубок у соснових деревостанах Полісся України. *Лісівництво і агролісомеліорація*, 144, 3–12.] (in Ukrainian)
- Twaróg, J. (2003). Preconditions for optimal choice of the cutting system in the Polish Carpathian forest. *Sylvan*, 147(2), 30–38. <https://bibliotekanauki.pl/articles/1026517.pdf> [Twaróg, J. (2003). Przesłanki optymalnego wyboru rębni w lasach polskich Karpat. *Sylvan*, 147(2), 30–38.] (in Polish)
- Vanzhurak, P. I., & Debryniuk, Iu. M. (2024). The impact of group-selection felling on the process of natural regeneration under the canopy of a beech forest stand of the Pokuttia Carpathians. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 27, 63–75. doi.org/10.15421/412414 [Ванджурак, П. І., Дебринюк, Ю. М. (2024). Вплив групово-вибіркової рубки на процес природного поновлення під наметом букового лісостану Покутських Карпат. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 27, 63–75.] (in Ukrainian)

- Vishnevsky, A. V. (2015). The undergrowth spacing structure under the canopy of mature pine trees under Rivnenske Polissya pine wood conditions. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 25(1), 44–48. nvtu.edu.ua/Archive/2015/25_1/9.pdf [Вишневецький, А. В. (2015). Просторова структура підросту під наметом стиглих соснових деревостанів у борових умовах Рівненського Полісся. *Науковий вісник НЛТУ України*, 25(1), 44–48.] (in Ukrainian)
- Włoczewski, T. (1959). Cutting systems and their importance in silviculture (origin and classification of cutting). *Sylvan*, 103(10), 23–32. <http://agro.icm.edu.pl/agro/element/bwmeta1.elem>
- ent.agro-4aef4b7b-d359-4c7d-a6d6-b7c2c12757a2 [Włoczewski, T. (1959). Rodzaje rębni i ich znaczenie hodowlano-leśne (powstanie i podział rębni). *Sylvan*, 103(10), 23–32.] (in Polish)
- Zvarych, O., Zaika, V., Stryamec, G., Zvarych, Y., & Parobiy, S. (2016). The natural regeneration in old forest stands of the nature reserve “Roztochya”. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 26(7), 77–85. <https://doi.org/10.15421/40260711> [Зварич, О. Д., Заїка, В. К., Стрямець, Г. В., Зварич, Ю. В., Паробій, С. Б. (2016). Природне поновлення у старовікових лісостанах природного заповідника «Розточчя». *Науковий вісник НЛТУ України*, 26(7), 77–85.] (in Ukrainian)

Species Composition and Height Structure of the Young Growth after the First Cut of the Uniform Shelterwood Felling in the Forests of the Ukrainian Roztochia

V. Lavnyy¹, A. Ivaniuk², O. Mykhayliv³, T. Yuskevych⁴, P. Spathelf⁵

The process of natural regeneration was studied during the 2020-2025 period after the first cut of the uniform shelterwood felling in pine, oak, and beech stands in the territory of the Stradch Educational and Production Forestry Enterprise of the Ukrainian National Forestry University. The numbers, species composition, height structure and frequency of occurrence of self-seeding and young growth of individual tree species were analyzed. It was found that after felling in all three experimental areas, a sufficient number of viable young growth trees of the main tree species was formed.

In the pine stand, in the conditions of the fresh fairly fertile hornbeam-oak-pine site type of the Stradch Forest District, the total number of self-seeding and young growth trees decreased by 12.7% (from 20,574 to 17,964 pcs./ha) over five years. This decrease was mainly due to the decrease in Scots pine young growth numbers – by 3 thousand pcs./ha and European hornbeam – by more than 2 thousand pcs./ha. Scots pine demonstrates stability of territorial

distribution – despite the decrease in the amount by 22.4%, its occurrence rate remained at a high level (63%), which indicates the preservation of uniform spatial distribution of the main species in the future forest stand. A positive trend in the emergence of the young growth of pedunculate oak was recorded, with its numbers increasing nearly threefold, and its occurrence rate rising from 4% to 15%, indicating the active establishment of this tree species under the canopy of the pine forest stand.

In the pedunculate oak stand of the Lelekhivka Forest District, in the year when the uniform-shelterwood felling was conducted, the site contained 41,825 pcs./ha of self-seeding and young growth of the tree species; five years later, their number increased to 46,805 thousand pcs./ha. Under the canopy of the oak stand, after the first cut of the uniform shelterwood felling, an almost twenty-fold increase in the numbers of self-seeding and young growth of pedunculate oak was observed – from 576 pcs./ha in the autumn of 2020 to 11,129 pcs./ha in the

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 *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>

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 *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>

⁵ *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>

autumn of 2025.-This can be explained by its abundant fruiting in the autumn of 2024. An analysis of the species composition of trees showed that European hornbeam and pedunculate oak dominate among self-seeding and young growth trees; according to the most recent inventory, their shares account for 40% and 23%, respectively, of the total number of tree seedlings and saplings.

In the oak-hornbeam stand of fresh fertile beech forest type of the Velykopole Forest District, over a five-year period, the total number of self-seeding and young growth trees increased more than fivefold – from 10,698 pcs./ha in 2020 to 54,435 pcs./ha in 2025. The occurrence rate reached an absolute

maximum (100%), which indicates the complete coverage of the area by the young generation of tree species.

The height distribution of the young growth is characterized by an increase in its abundance in the height classes of 21-50 cm and 51-130 cm. This indicates the successful growth of the young tree generation following the first stage of the uniform shelterwood felling, which is an important prerequisite for the further natural regeneration of the primary forest stand.

Key words: final felling; natural regeneration; Scots pine; pedunculate oak; European beech; silviculture.



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

<http://fasu.nltu.edu.ua>
<https://doi.org/10.36930/412525>
Article received 2025.02.24
Article revised 2025.09.09
Article accepted 2025.09.18
Article published 2026.03.13

ISSN 1991-606X print
ISSN 2616-5015 online
@ ✉ Correspondence author
Pavlo Khoetsky
hpb@ua.fm
103 General Chuprynka St.,
Lviv, 79057, Ukraine

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 (CC BY 4.0) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)



УДК 639.1

Стан поголів'я бобра європейського (*Castor fiber* L.) в угіддях Ківерцівського НПП «Цуманська пуща»

В.Г. Мазепа¹, П.Б. Хоєцький², І.В. Фізик³

Наведено результати аналізу стану поголів'я бобра європейського (*Castor fiber* L.) в Ківерцівському НПП та його біотопічного поширення. Дослідження здійснено впродовж 2023-2024 рр. на території угідь Парку, а в 2000 р. досліджено поширення і чисельність тварини в угіддях державного підприємства «Цуманське лісове господарство» на території Цуманського, Сильницького, Берестянського, Холоневицького лісництв, територія яких розміщена в межах Парку. Місця проживання бобра встановлено на р. Кормин (Берестянське, Холоневицьке л-во), р. Рудка (СГВК «Дружба», Журавичівська ОТГ), на луках (Цуманське л-во), на ставках (Партизанське л-во), болотах Партизанського і Тростянецького лісництв, в урочищах «Чортове болото» (Берестянське л-во), «Залив» (Партизанське л-во), «Богуславка» (Цуманське л-во). Встановлено чисельність бобра у межах Парку. Основними біотопами існування бобра в умовах Парку є річки, меліоративні канали, ставки, низинні болота, рідше – луки.

В останні роки виявлено зменшення чисельності бобра, яке, ймовірно, пов'язано зі зміною гідрології водно-болотних екосистем, замуленістю меліоративних каналів, збільшенням поголів'я виду до оптимальної чисельності, що призвело до зменшенням приросту, міграції звірів за межі Парку. Найчастіше бобер в угіддях Парку заселяє меліоративні канали і невеликі річки

¹ Мазепа Василь Григорович – академік Лісівничої академії наук України, доктор сільськогосподарських наук, професор кафедри лісового господарства. Луцький національний технічний університет, вул. Львівська, 75, м. Луцьк, 43018, Україна. E-mail: vasyl.mazepa@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2149-3409>

² Хоєцький Павло Богданович – член-кореспондент Лісівничої академії наук України, доктор сільськогосподарських наук, професор кафедри лісівництва. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. E-mail: hpb@ua.fm ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9726-953X>

³ Фізик Ігор Васильович – член-кореспондент Лісівничої академії наук України, кандидат сільськогосподарських наук, директор Надслучанського інституту Національного університету водного господарства та природокористування, вул. Чорновола, 25, м. Березне, 34600, Україна. Email: igor240265@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4247-2519>

з повільною течією води. У таких біотопах зареєстровано 79,3% поселень звіра. На території Парку у 29 поселеннях обліковано 239 особин бобрів. У 2000 р. на меншій площі обліковано 36 поселень, а загальна кількість поголів'я становила близько 270 особин. Основним типом житла звіра є нори і хатки. На водоймах Парку у поселеннях зареєстровано 40 хаток та 30 нір. Поселення бобра розташовані у вологих, сирих і мокрих сугрудових типах лісорослинних умов. У вологих сугрудах зареєстровано 17% поселень, у сирих – 46, у мокрих – 37%.

Ключові слова: облік; чисельність; поселення; біотопи існування; типи лісорослинних умов.

Вступ (Introduction).

Ківерцівський Національний природний парк «Цуманська Пуща» створений у 2010 році. Загальна територія Парку становить понад 33,4 тис. га, з них: близько 3,5 тис. га надано у постійне користування, решта – землі включені без вилучення в основних землекористувачів. Основні наукові дослідження, які проводять на території Парку, спрямовані на вивчення проходження природних процесів у регіоні, динаміки стану та чисельності видів рослин і тварин, збереження їхнього генофонду, на оптимізацію порушених природних екосистем (Деркач та ін., 2023; Зінченко та ін., 2023; Труш та ін., 2023; Безсмертна та ін., 2024). Видовий склад фауни Цуманської пуші визначається географічним розташуванням, особливостями рельєфу, розподілом і складом рослинності тощо. У складі фауни переважають лісові види – неморальні і бореальні, значну частку становлять широкоареальні види – мешканці водойм, боліт, зокрема бобер європейський (*Castor fiber* L.), який є фоновим видом в угіддях Парку.

На початку ХХ ст. внаслідок надмірного добування цих тварин, вижило лише близько 1,2 тис. бобрів у восьми реліктових популяціях Європи та Азії (Nolet, & Frank, 1983). На початку 80-их років ХХ ст., після обмежень на полювання та переселення звірів у 15 країн, вид відновився на більшій частині свого колишнього ареалу і його поголів'я становило вже понад 400 тис. особин. На початку ХХІ ст. популяція збільшилась втричі і сучасна чисельність становить близько 1,5 млн особин (Halley, Saveljev, & Rosell, 2020). На сьогодні бобер є звичайним видом у багатьох європейських країнах, зокрема і в Україні. Він розширив ареал, проник на територію, на яких його раніше не реєстрували (Hartman, 1995; Dzieciolowski, & Gozdziwski, 1999; Campbell-Palmer et al., 2018; Chiara et al., 2021). В Україні демакологічні особливості популяції бобра, кормодобувний вплив виду на насадження вивчали в умовах Українського Полісся (Маціборук, Возняк, 2009). Встановлено, що поширення та динаміка локальних популяцій бобра залежить від біотопу і кормової ємності угідь (Маціборук, 2013а, 2013b). Особливості поширення, екологію та етологію виду вивчали також у різних частинах Волинської області, але дослідження стану поголів'я бобра в умовах Цуманської пуші відсутні (Хоецький, 2014;

Омельковець, Степанюк, Посильчук, 2018; Омельковець, Скакун, 2020; Омельковець, Жураковський, 2022). Тому вивчення цього аспекту є актуальним з погляду оцінки стану популяції, прогнозування її динаміки та розроблення заходів з управління чисельністю виду.

Мета роботи полягає в аналізі стану поголів'я бобра європейського у Ківерцівському національному природному парку «Цуманська пуща», його біотичного поширення. Для вирішення мети роботи вивчено матеріали лісогосподарського впорядкування Парку; здійснено облік поселень та поширення бобра в угіддях Парку; оцінено чисельності поголів'я.

Об'єкти і методика дослідження (Objects and methods).

Об'єкт дослідження – стан поголів'я *Castor fiber* в угіддях Ківерцівського НПП «Цуманська Пуща». *Предмет дослідження* – поширення, чисельність, життєдіяльність *Castor fiber* в угіддях Парку.

Дослідження життєдіяльності бобра проводили у 2023-2024 роках. У 2000 р. здійснено дослідження біотопічного поширення і чисельності тварин в угіддях державного підприємства «Цуманське лісове господарство», зокрема у межах Цуманського, Сильницького, Берестянського, Холоневицького лісництв, які у сучасних умовах знаходяться у межах Національного природного парку.

Територію Парку поділено на три природоохоронні науково-дослідні відділення (ПНДВ): Лопатенське площею понад 6 тис. га, Озерське – понад 8 тис. га, Олицько-Цуманське – понад 19 тис. га. Таксацію звірів проведено у Берестянському, Холоневицькому, Цуманському, Тростянецькому і Партизанському л-вах, а також на території Журавичівської об'єднаної територіальної громади, сільськогосподарського виробничого кооперативу «Дружба». Загалом проаналізовано 29 поселень бобра. Місця існування бобра виявлено на річці Кормин (Берестянське, Холоневицьке л-во), річці Рудка (СГВК «Дружба», Журавичівська ОТГ), на луках (Цуманське л-во), ставках (Партизанське л-во), болотах (Партизанське і Тростянецьке л-ва), в урочищі «Чортове болото» (Берестянське л-во), урочищі «Залив» (Партизанське л-во), урочищі «Богуславка» (Цуманське л-во).

Облік бобрів проводили за загальноприйнятими методиками, які передбачають два етапи: виявлення і підрахунок бобрових поселень; встановлення кількості тварин у кожному поселенні (Бондаренко та ін., 1989; Хоєцький, Шелепило, 2003).

Боброві поселення виявляли шляхом опитування інспекторів з охорони ПЗФ Парку, працівників лісового господарства, мисливців, рибалок. Розрахунок чисельності звірів проводили на основі вивчення поселень. Особливість життєдіяльності бобра полягає в тому, що кожна сім'я займає певну ділянку угідь, яке називають поселенням. Розміри поселень змінюються в значних межах залежно від умов існування. Зазвичай бобри вибирають ділянки з найкращими умовами. Загальна протяжність ділянки однієї сім'ї бобра може становити від 50 до 400 і більше метрів. Тут зосереджена вся діяльність сім'ї, яка залишає певні зовнішні сліди у вигляді нір, хаток, каналів, загат, вилазів, підгризених дерев, залишків кормів тощо. За сукупністю слідів життєдіяльності (з урахуванням їх виникнення) можна встановити кількість особин у сім'ї – чим багаточисельніша сім'я, тим більше слідів життєдіяльності. Тварини, які належать до різних сімей, хоча б і сусідніх, відносяться один до одного вороже і не допускають інших бобрів у межі свого поселення.

За достатньої кількості кормів і наявності сприятливих умов, необхідних для існування, сім'я заселяє ділянку впродовж тривалого періоду, може змінювати лише місця заготівлі кормів. У випадку появи чинників, які негативно впливають на життєдіяльність сім'ї, вона переходить на нове місце, де звірі здійснюють життєдіяльність впродовж декількох років, поки знову не з'являться причини, які змусять їх переселитися.

Результати (Results).

У межах Олицько-Цуманського ПНДВ, до складу якого входять Берестянське, Цуманське і Холоневицьке л-ва, зареєстровано 17 поселень. У Берестянському л-ві (кв. 15, 22, 37, 39, 46) виявлено шість поселень бобра на р. Кормин, ставку та урочищі «Чортове болото». У межах Цуманського л-ва обліковано чотири поселення, які розташовані на р. Кормин, луках, в урочищі «Богуславка». У Холоневицькому л-ві зареєстровано сім поселень у кв. 25/30, 64, 65, 55/56, 64/30, 70. Вони знаходяться на р. Кормин та меліоративних каналах. Загальна чисельність поголів'я бобра, розрахована відповідно до методики, становить 101 особину.

У межах Лопатенського ПНДВ поселення виявлено у Партизанському л-ві, на землях СГВК «Дружба» та Журавичівської ОТГ. Тут зареєстровано 10 поселень, які бобри влаштували на болотах, р. Рудка, в урочищі «Залив» та ін. Найбільше поселень (сім) виявлено в межах Партизанського л-ва у кв. 21 і 22 та урочищі «Залив». Три поселення зареєстровано на р. Рудка в межах СГВК «Дружба» і Журавичівської ОТГ. Загальна чисельність поголів'я становить 125 особин. У межах Озерського ПНДВ два поселення виявлені в кв. 61 Тростянецького л-ва. Загалом, на території Парку у 29 поселеннях обліковано 239 бобрів.

В умовах Парку гризун заселяє різноманітні водойми. Він надає перевагу невеликим річкам, озерам і болотам, береги яких вкриті рослинністю. Охоче заселяє прокладені через лісові насадження меліоративні канали і залишені після видобування торф'яні кар'єри. Основними біотопами існування бобра в умовах Парку є річки, меліоративні канали, ставки, низинні болота, рідше – луки (рис. 1).

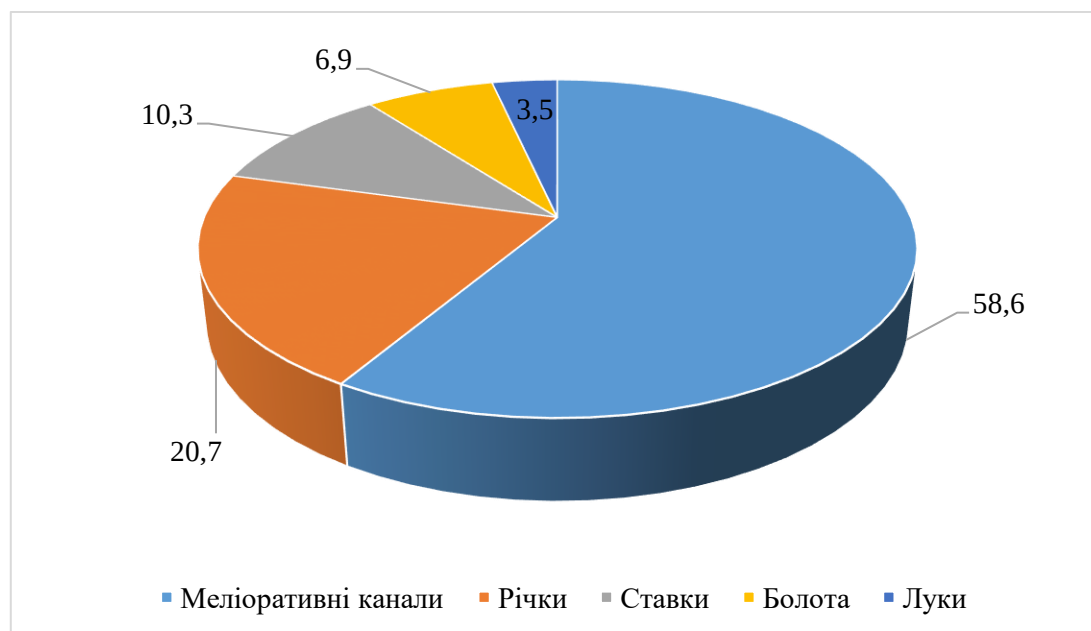


Рис. 1. Біотопи існування *Castor fiber* в угіддях Ківерцівського НПП «Цуманська Пуща», %
Fig. 1. Biotopes of *Castor fiber* in the lands of the Kivertsi National Nature Park "Tsumanska Pushcha", %

Найчастіше бобер в угіддях Парку заселяє меліоративні канали і невеликі річки з повільною течією води. У таких біотопах зареєстровано 79,3% поселень звіра. Значно менше трапляється в ставках і болотах. У 2000 р. 72,2% поселень бобра знаходились на меліоративних каналах і річках, дещо інтенсивніше тварини заселяли болота. На болотах було зареєстровано 27,8% поселень, а в 2024 р. – лише близько 7%. Ймовірно на поширення бобра вплинула зміна гідрологічних умов внаслідок відсутності дощів, снігу, зменшення рівня води в озерах, річках, ставках і загалом – пониження рівня ґрунтових вод. Відсутність повеней у весняний період аномально високі температури (посухи) призводять до висихання боліт, і вони стають не придатними для існування бобра. У процесі дослідження життєдіяльності виду встановлено, що у випадку заселеності

лісових водойм бобри починали освоювати безлісі біотопи (луки) за умови, якщо береги водойми, які знаходяться на відкритих територіях, заросли кущами і деревами, а біля води наявна прибережна трав'яна рослинність – очерет, осока, рогоза та ін.

Територія Парку характеризується густою мережею річок, струмків, озер, ставків, гідромеліоративних каналів. Річки є водоприймачами, куди сходяться води сітки меліоративних каналів із прилеглих угідь. Тип поселення бобра залежить від умов водойми. Нори він влаштовує у високих, не заболочених берегах водойми (річка, ставок, меліоративний канал тощо). У біотопах, де береги заболочені, будує хатки з гілок і хмизу. В умовах Парку у семи поселеннях бобра на меліоративних каналах зареєстровані хатки і нори, у шести поселеннях траплялися лише нори, а в трьох – лише хатки (рис. 2).

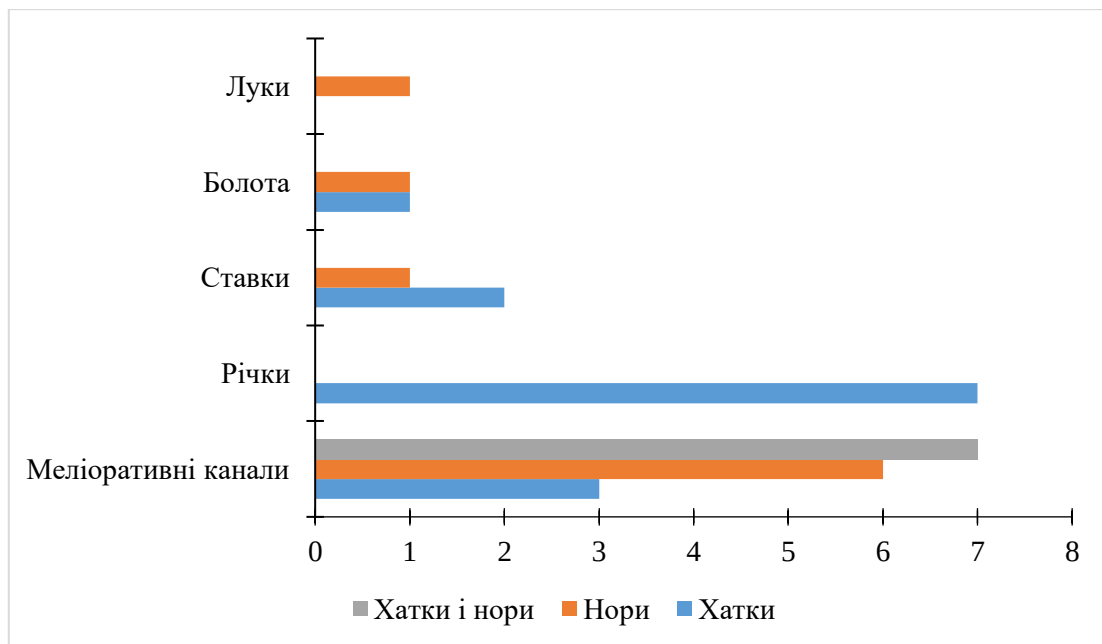


Рис. 2. Типи поселення *Castor fiber* у різних біотопах Ківерцівського НПП «Туманська Пуща»

Fig. 2. *Castor fiber* settlement types in different biotopes of the Kiverts National Nature Park "Tsumanska Pushcha"

Загалом, у біотопах існування бобра зареєстровано понад 40 хаток. Вхід до хатки або нори завжди знаходиться під водою. За результатами досліджень (Alvin, Dyck, & Robert, 1993), упродовж року температура у камерах хатки коливається у межах від 0°C до +35,6°C. На мілководних меліоративних каналах і річках бобри створюють загати для підняття рівня води, щоб вхід до нори чи до камери хатки завжди залишався під водою. Загатами вони підтримують мінімальну глибину водойми, яка необхідна для життєдіяльності бобра і становить 0,5 м (Скоробогатов, Атемасова, 2012). На водоймах (річки, меліоративні канали) Парку обліковано 66 загат. Максимальна висота бобрових загат становить зазвичай до 1,4-1,5 м, але траплялися і заввишки до 2 м (у середньому – 0,8 м), а їхня ширина – 0,2-1,2 м (у середньому 0,5 м). Обміління во-

дойм значно погіршує умови існування бобра, а також і ратичних – дикої свині, оленя, козулі. За відсутності водойм можливе переміщення дичини на території, які забезпечені водою.

Аналіз бобрових поселень свідчить, що тривалість існування понад 50% з них становить 3-5 років, близько 35% – до трьох років, що підтверджується дослідженнями, проведеними на Житомирщині. Зокрема у сільськогосподарських ландшафтах південної частини Житомирського Полісся середній вік поселення становив $2,8 \pm 0,8$ років (Бондар, 2016). Однак, за результатами досліджень 2000 р., старі поселення (понад 5 р.) у межах Парку становили 55,5% від загальної кількості, поселення тривалістю існування 3-5 р. становили 22%, решта – до трьох років. Сім'я бобрів, яка проживає в поселенні понад два роки, за

щорічного розмноження складається із пари дорослих дворічок (зазвичай 1-2-ох особин) і цьоголіток (найчастіше 2-3-ох особин). Такі сім'ї називаються повними, їх щорічно у квітні-травні залишають дворічні особини. Вони знаходять пару і створюють нову сім'ю. Однак трапляються неповні сім'ї, зокрема поселення з молодняком

одного віку, пари без приплоду і поодинокі особини. Неповні сім'ї найчастіше бувають молодими, які не встигли розмножитись, а також за наявності перерви у розмноженні, або у випадку загибелі одного із дорослих особин чи молодняка. Станом на 2024 р. молоді особини становили близько 60% поголів'я (табл.).

Таблиця. Вікова структура поголів'я *Castor fiber* на території Ківерцівського НПП «Цуманська Пуща»

Table. Age structure of *Castor fiber* population in the territory of the Kivertsi National Nature Park "Tsumanska Pushcha"

ПНДВ	Чисельність, голів		
	дорослих	молодих	всього
Лопатинське	55	70	125
Олицько-Цуманське	34	67	101
Озерське	7	6	13
Разом	96	143	239

Нами також досліджено розподіл поселень бобра за типами лісорослинних умов. Так, на території Парку ідентифіковано 24 типи лісу, зокрема в умовах сугруду – 14 типів. Сугруди становлять 75,4% угідь Парку, субори – 23,9, бори – 0,5% і гру-

дові умови – лише 0,2%. Поселення виявлено у вологих (C₃), сирих (C₄) і мокрих (C₅) сугрудах. У вологих сугрудах зареєстровано п'ять, у сирих – 11, у мокрих – дев'ять поселень. У свіжих сугрудах поселення бобра відсутні (рис. 3).

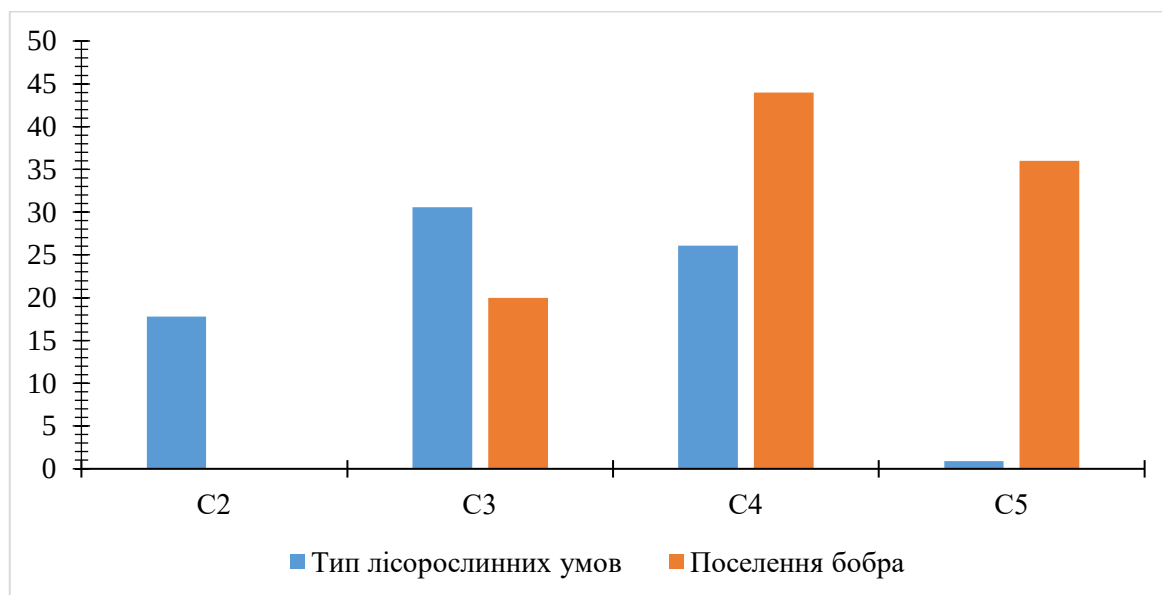


Рис. 3. Розподіл поселень *Castor fiber* у різних типах лісорослинних умов, %

Fig. 3. Distribution of *Castor fiber* settlements in different types of forest growth conditions, %

Найпоширенішими типами лісорослинних умов, де облікована найбільша кількість бобрових поселень, є сири і мокрі сугруди. Ці типи розповсюджені у заплавах річок, береги яких вкриті крушиною та вербою козячою. У трав'яному вкритті поширені різні види осок (*Carex*), молінія голуба (*Molinia coerulea* Moench.), підмаренних болотний (*Galium palustre* L.) тощо. У сирих типах переважають чорновільхові ліси з підліском із калини звичайної (*Viburnum opulus* L.), крушини ламкої

(*Frangula alnus* Mill.), верби козякої (*Salix caprea* L.). Трав'яний покрив формують очерет звичайний (*Phragmites australis* (Cav.) Trin.), гірчак перцевий (*Poligonum hidropiper* L.), фіалка болотна (*Viola palustris* L.), різні види осоки.

Дискусія (Discussion).

Відомостей про існування та поширення бобра у минулому на території, яка відноситься до Ківерцівського НПП, небагато. У 50-х роках XX ст. бобри траплялися по р. Путилівка від

населеного пункту Цумань до впадіння у р. Горинь. У 1966 р. здійснено реакліматизацію восьми бобрів у нижній течії р. Стохід. Через рік їх поселення зареєстрували у Любешівському і Камінь-Каширському районах. Упродовж 1975-1976 рр. продовжено інтродукцію тварин на р. Стир (Маневицький район) і на р. Кормин (Ківерцівський район). На р. Кормин у межах території Парку поселення існують і тепер.

У наступні десятиліття в Україні внаслідок охорони і заходів з реакліматизації, а також природного розселення, ареал виду розширився. Однак, у 80-их роках минулого століття внаслідок популярності виробів з хутра і зокрема – із шкури бобра, набуло широкого розповсюдження браконьєрство, що стримувало практично до початку XXI ст. подальше збільшення популяції *Castor fiber* та його розширення ареалу.



Рис. 4. Старі та свіжі погризи дерев *Castor fiber* на території Парку
Fig. 4. Old and fresh gnawing marks by *Castor fiber* on trees within the Park area

Сучасна чисельність виду на території Парку становить близько 240 голів. У 2000 р. на меншій площі обліковано 36 поселень, а загальна кількість поголів'я становила близько 270 особин. Незначне зменшення чисельності зумовлене, ймовірно, зміною гідрологічних умов водно-болотних екосистем, замуленістю меліоративних каналів, збільшенням поголів'я виду до оптимальної чисельності, що призвело до зменшення приросту та міграції звірів за межі Парку. Популяція бобрів, яка існує упродовж тривалого періоду, досягає надмірної щільності. Перенаселеність окремих ділянок негативно впливає на процес відновлення і збільшення чисельності тварин.

На початку XXI ст. у Волинській області чисельність бобрів становила від 1,4 тис. (2000 р.) до 5,2 тис. голів (2010 р.). Станом на 2024 р. у Волинській обл. обліковано близько 6,9 тис. особин. У

сучасних умовах за відсутності добування цих тварин у західному регіоні України, бобер освоїв не лише рівнинні території, але й проник у гірський регіон. Його зареєстровано в угоддях у НПП «Сколівські Бескиди». Бобер трапляється не тільки у Прикарпатті, але й у Закарпатті. Так, поселення бобра зареєстровано у с. Латірка.

У квітні 2025 р. на висоті понад 1000 м н. р. м. поблизу с. Либохори (Львівська обл.) зареєстровано одну особину *Castor fiber*. Ймовірно молода особина (2-річна) покинула сім'ю у пошуках нових біотопів існування. Таке розселення бобра європейського свідчить про подальше розширення його ареалу.

Під час освоєння нової території у перші роки існування щорічний приріст поголів'я становить 30%, а інколи й більше (Хоецький, Шелепило, 2003; Хоецький, 2014). Бобри поступово

займають усі придатні біотопи життєдіяльності, потім темпи приросту зменшуються. За збільшення щільності поголів'я зростає конкуренція між сусідніми поселеннями виду, з кожним роком зменшуються кормові ресурси біотопів, частіше pojawiaються інфекційні та інвазійні хвороби, що призводить до деградації популяції. Запобігти негативним явищам можна шляхом добування частини популяції та проведенням біотехнічних заходів у мисливських угіддях, а на територіях природно-заповідного фонду (за винятком заповідників) – впровадженням комплексу біотехнічних заходів.

Висновки (Conclusions).

1. Бобер європейський у минулому столітті відносився до рідкісних тварин України і був взятий під охорону. На початку ХХІ ст. завдяки екологічній пластичності, заходам з охорони, відсутності добування (внаслідок зменшення популярності виробів із хутра тварини), чисельність виду у Західному Поліссі збільшилась. Бобер освоїв нові території, проник за межі Волинської області.

2. У межах Ківерцівського НПП «Цуманська пушта» *Castor fiber* є звичайним, широко поширеним видом. Проте впродовж 2000-2024 рр. чисельність поселень і поголів'я звіра на території Парку зменшилась. У сучасних умовах зареєстровано 29 поселень із загальною чисельністю близько 240 голів. Найбільшу кількість поселень (16) зареєстровано на меліоративних каналах, на річках – сім, решта шість – на ставках, болотах і луках. Основний тип житла – нори і хатки. На водоймах Парку у поселеннях зареєстровано 40 хаток і 30 нір.

3. У межах лісових насаджень Ківерцівського НПП усі поселення бобра розташовані у вологих, сирих і мокрих сугрудових типах лісорослинних умов. У вологих сугрудах зареєстровано 17% поселень, у сирих – 46, у мокрих – 37%.

Конфлікт інтересів (Conflicts of Interest).

Автори заявляють про відсутність у них відомих конкуруючих фінансових інтересів чи особистих зв'язків, які могли б вплинути на результати, представлені у цій статті.

Список літератури (References)

- Alvin, P., Dyck, M.-A., & Robert, A. (1993). Seasonal variation in the microclimate and gas composition of beaver lodges in a boreal environment. *Journal of Mammalogy*, 74(1), 180–188. <https://doi.org/10.2307/1381919>
- Bezsmertna, O. O., Gerasymchuk, G. V., Merlenko, N. O., Derkach, V. V., Shnyder, O. I., Baransky, O. R., & Danylyk, I. M. (2024). Regional features and analysis of the flora of the Tsumanskaya Pushcha National Nature Park. *Black Sea Botanical Journal*, 20(3), 277–304. <https://cbj.kspu.edu/index.php/cbj/article/view/794> [Безсмертна, О. О., Герасимчук, Г. В., Мерленко, Н. О., Деркач, В. В., Шиндер, О. І., Баранський, О. Р., Данилик, І. М. (2024). Регіональні особливості та аналіз флори Національного природного парку «Цуманська пушта». *Чорноморський ботанічний журнал*, 20(3), 277–304.] (in Ukrainian)
- Bondar, M. M. (2016). Peculiarities of the settlement structure of the river beaver (*Castor fiber* Linnaeus, 1758) in agricultural landscapes. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 26(5), 27–35. https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2016/26_5/6.pdf [Бондар, М. М. (2016). Особливості структури поселення бобра річкового (*Castor fiber* Linnaeus, 1758) в умовах сільськогосподарських ландшафтів. *Науковий вісник НЛТУ України*, 26(5), 27–35.] (in Ukrainian)
- Bondarenko, V. D., Delean, I. V., Soloviy, I. P., & Rudyshyn, M. P. (1989). *Wild animal accounting*. Lviv Forestry Institute. [Бондаренко, В. Д., Делеган, І. В., Соловій, І. П., Рудишин, М. П. (1989). *Облік диких тварин*. Львів: Львівський лісотехнічний інститут. 28 с.] (in Ukrainian)
- Campbell-Palmer, R., Puttock, A., Graham, H., Wilson, K., Schwab, G., Gaywood, M. J., & Brazier, R. E. (2018). *Survey of the Tayside area beaver population 2017–2018* (Commissioned Report No. 1013). Scottish Natural Heritage.
- Chiara, P., Senserini, D., Mazza, G., & Mori, E. (2021). Reappearance of the Eurasian beaver *Castor fiber* L. in Tuscany (Central Italy): The success of unauthorised releases? *Hystrix, the Italian Journal of Mammalogy*, 32(2), 182–185. <https://doi.org/10.4404/hystrix-00445-2021>
- Derkach, V., Gerasymchuk, G., Loiko, V., & Khoetsky, P. (2023). Biotopes of existence and feeding of the bison in the Tsumanskaya Pushcha National Nature Park (Ukraine). *Theriologia Ukrainica*, 25, 164–172. library.pts25/TU2513-derkach.htm [Деркач, В., Герасимчук, Г., Лойко, В., Хоєцький, П. (2023). Біотопи існування та живлення зубра в Національному природному парку «Цуманська Пушта» (Україна). *Theriologia Ukrainica*, 25, 164–172.] (in Ukrainian)
- Dzięciołowski, R., & Goździewski, J. (1999). The reintroduction of European beaver (*Castor fiber*) in Poland. In P. E. Busher & R. M. Dzięciołowski (Eds.), *Beaver protection, management, and utilization in Europe and North America* (pp. 31–43). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-4781-5_6
- Halley, D. J., Saveljev, A. P., & Rosell, F. (2020). Population and distribution of beavers *Castor fiber* and *Castor canadensis* in Eurasia. *Mammal Review*, 51(1), 1–24. <https://doi.org/10.1111/mam.12216>

- Hartman, G. (1995). Patterns of spread of a reintroduced beaver *Castor fiber* population in Sweden. *Wildlife Biology*, 1(2), 97–103. <https://doi.org/10.2981/wlb.1995.0015>
- Khoyetsky, P. B. (2014). Hunting management within the State Enterprise “Zvirivsk Hunting District” lands. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 24(2), 9–12. https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2014/24_2/9_Cho.pdf [Хоєцький, П. Б. (2014). Ведення мисливського господарства в угіддях ДП МГ «Звіривське». *Науковий вісник НЛТУ України*, 24(2), 9–12.] (in Ukrainian)
- Khoyetsky, P. B., & Shelepylo, A. V. (2003). The state of the beaver population in hunting grounds of Lviv region. *Scientific Bulletin of Ukrainian State Forestry University*, 13(3), 116–119. https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2003/13_3/116_Chojecki_13_3.pdf [Хоєцький, П. Б., Шелепило, А. В. (2003). Стан популяції бобра у мисливських угіддях Львівської області. *Науковий вісник УкрДЛТУ*, 13(3), 116–119.] (in Ukrainian)
- Matsyboruk, P. V. (2013a). The influence of vital activity (*Castor fiber* L.) on the state of coastal phytocenoses of Ukrainian Polissya. *Agricultural Engineering and Technology*, 6(45), 37–39. [Маціборук, П. В. (2013). Вплив життєдіяльності (*Castor fiber* L.) на стан прибережних фітоценозів Українського Полісся. *Техніка і технологія АПК*, 6(45), 37–39. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Titapk_2013_6_15] (in Ukrainian)
- Matsyboruk, P. V. (2013b). The impact of the European beaver population on the forest drainage hydro-reclamation systems of Ukrainian Polissya. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 23(8), 102–110. https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2013/23_8/102_Mac.pdf [Маціборук, П. В. (2013). Вплив популяції бобра європейського на лісоосушувальні гідромеліоративні системи Українського Полісся. *Науковий вісник НЛТУ України*, 23(8), 102–110.] (in Ukrainian)
- Matsyboruk, P. V., & Voznyak, R. R. (2009). Historical aspects of distribution and ecological features of the European beaver (*Castor fiber* L.) population in Ukraine. *Scientific Reports of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*, 2(14), 12. <http://archive.nbuv.gov.ua/e-journals/nd/2009-2/titul.html> [Маціборук, П. В., Возняк, Р. Р. (2009). Історичні аспекти розповсюдження та екологічні особливості популяції бобра європейського (*Castor fiber* L.) в Україні. *Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України*, 2(14), 12.] (in Ukrainian)
- Nolet, B. A., & Frank, R. (1983). Comeback of the beaver *Castor fiber*: An overview of old and new conservation problems. *Biological Conservation*, 83(2), 165–173. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(97\)00066-9](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(97)00066-9)
- Omelkovets, Ya., & Skakun, O. (2020). Distribution, ecology and behavior of the river beaver (*Castor fiber* L.) in the vicinity of the villages of Hubyn and Tumyn, Lokachyn district, Volyn region. *Scientific Bulletin of the Lesya Ukrainka East European National University. Series: Biological Sciences*, 1(389), 45–50. <https://journalbio.vnu.edu.ua/index.php/bio/article/view/470/389> [Омельковець, Я., Скакун, О. (2020). Поширення, екологія та поведінка бобра річкового (*Castor fiber* L.) в околицях сіл Губин і Тумин Локачинського району Волинської області. *Науковий вісник Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки. Серія: Біологічні науки*, 1(389), 45–50.] (in Ukrainian)
- Omelkovets, Ya. A., Stepaniuk, Ya. V., & Posylchuk, I. M. (2018). Ecological and ethological features of the river beaver (*Castor fiber* L.) in the hydrological reserve “Gnyla Lypa” of the Horokhiv district of the Volyn region. *Nature of Western Polissya and Adjacent Territories*, 15, 171–177. [https://lib.lntu.edu.ua/sites/default/files/2021-03/Pr.Zax_Polissya_15_\(2018\).pdf](https://lib.lntu.edu.ua/sites/default/files/2021-03/Pr.Zax_Polissya_15_(2018).pdf) [Омельковець, Я. А., Степанюк, Я. В., Посильчук, І. М. (2018). Еколого-етологічні особливості бобра річкового (*Castor fiber* L.) у гідрологічному заказнику «Гнила Липа» Горохівського району Волинської області. *Природа Західного Полісся та прилеглих територій*, 15, 171–177.] (in Ukrainian)
- Omelkovets, Ya., & Zhurakovsky, S. (2022). The community of the river beaver (*Castor fiber* Linnaeus, 1758) in the vicinity of the city of Kamin-Kashirskyi, Volyn region. *Notes in Current Biology*, 2, 71–76. <https://nfv.ukrintei.ua/view/60f06d7caf0c0013ae4deb12> [Омельковець, Я., Жураковський, С. (2022). Угрупування річкового бобра (*Castor fiber* Linnaeus, 1758) в околицях міста Камінь-Каширський Волинської області. *Нотатки сучасної біології*, 2, 71–76.] (in Ukrainian)
- Skorobagatov, Y., & Atemasova, T. (2012). Peculiarities of construction activity of beavers (*Castor fiber* L., 1758) on reclamation reservoirs in northeastern Ukraine. *Proceedings of the Teriological School*, 11, 130–137. museumkiev.org/public/teriologia/pts-full-pdf/pts11-variability-full.pdf [Скоробатов, Е., Атемасова, Т. (2012). Особенности строительной деятельности бобров (*Castor fiber* L., 1758) на мелиоративных водоемах северо-востока Украины. *Праці Теріологічної Школи*, 11, 130–137.] (in Russian)
- Trush, T., Sukhomlin, K., Kuzmishyna, I., Zinchenko, O., Zinchenko, M., & Dyakiv, S. (2023). Biodiversity of spruce forests in Tsumansky forestry (Kivertsivskyi National Nature Park “Tsumanskaya Pushcha”,

Ukraine). *Notes in Current Biology*, 6(2), 20–30. <https://journalbio.vnu.edu.ua/index.php/bio/article/view/615> [Труш, Т., Сухомлін, К., Кузьмішина, І., Зінченко, О., Зінченко, М., Дяків, С. (2023). Біорізноманіття ялиників у Цуманському лісництві (Ківерцівський національний природний парк «Цуманська пуша», Україна). *Нотатки сучасної біології*, 6(2), 20–30.] (in Ukrainian)
Zinchenko, O., Kuzmishyna, I., Trush, T., Sukhomlin, K., Zinchenko, M., & Dyakiv, S. (2023). Biodiversity

of oak forests in Tsuman Forestry (Kivertsivskyi National Nature Park “Tsuman Forest”, Ukraine). *Notes in Current Biology*, 1(50), 15–23. <https://journalbio.vnu.edu.ua/index.php/bio/article/view/601> [Зінченко, О., Кузьмішина, І., Труш, Т., Сухомлін, К., Зінченко, М., Дяків, С. (2023). Біорізноманіття дубових лісів у Цуманському лісництві (Ківерцівський національний природний парк «Цуманська пуша», Україна). *Нотатки сучасної біології*, 1(50), 15–23.] (in Ukrainian)

Status of the European Beaver (*Castor fiber* L.) Population in the Areas of the Kiverts National Nature Park «Tsumanska Pushcha»

V. Mazepa¹, P. Khoyetsky², I. Fyzik³

In the past century, the European beaver was considered a rare species in Ukraine and was placed under protection. At the beginning of the 21st century, due to its ecological plasticity, conservation measures, and the absence of harvesting (as a result of the declining popularity of fur products), the population size of the species in Western Polissia increased. The beaver expanded into new territories, extending beyond the boundaries of Volyn Region.

The article presents the results of an analysis of the population status of the European beaver (*Castor fiber* L.) and its biotopic distribution in the Kiverts National Nature Park. The study was conducted during 2023–2024 within the Park's territories. In 2000, the distribution and population size of the species were also investigated in the lands of the state enterprise “Tsumanske Forestry” within the Tsumanskyi, Sylnytskyi, Berestyanskyi, and Kholonevtskyi forest districts, whose territories are located within the boundaries of the National Nature Park. Habitats of the European beaver were recorded along the Kormyn River (the Berestianskyi and Kholonevtskyi forest districts), the Rudka River (the agricultural production cooperative “Druzhba,” Zhuravychi United Territorial Community), in meadows (the Tsumanskyi forest district), on ponds (the Partyzanskyi forest district), in the wetlands of the Partyzanskyi and Trostianetskyi forest districts, as well as in the localities “Chortove Boloto” (the Berestianskyi forest district), “Zalyv” (the

Partyzanskyi forest district), and “Bohuslavka” (the Tsumanskyi forest district).

Within the Kiverts National Nature Park, *Castor fiber* is a common and widely distributed species. The population size of the European beaver within the National Nature Park has been determined. The main habitats of the beaver under conditions of the Park include rivers, drainage canals, ponds, lowland wetlands, and, less frequently, meadows.

The results of the studies indicate a decline in both the number of settlements and the population size of the species within the Park during the period 2000–2024. This decrease is likely associated with changes in the hydrology of wetland ecosystems, siltation of drainage canals, and an increase in the population size of the species to its optimal level. These factors have resulted in the reduction in the population growth and the migration of animals beyond the boundaries of the Park. Within the Park, the beaver most frequently inhabits drainage canals and small rivers with slow water flow. Such habitats account for 79.3% of recorded beaver settlements. A total of 239 individuals were recorded in 29 settlements within the Park. The highest number of settlements (16) was recorded in drainage canals, seven ones along rivers, and the remaining six settlements in ponds, wetlands, and meadows. The primary types of beaver dwellings are burrows and lodges. Within the Park's water bodies, 40 lodges and 30 burrows were recorded in the beaver settlements.

¹ Vasyl Mazepa – Full Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Doctor of Agricultural Sciences, Professor at the Department of Forestry. Lutsk National Technical University, 75 Lvivska St., Lutsk. 43018, Ukraine. E-mail: vasyi.mazepa@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2149-3409>

² Pavlo Khoyetsky – Corresponding Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Doctor of Agricultural Sciences, Professor at the Department of Forestry. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka St., Lviv, 79057, Ukraine. E-mail: hpb@ua.fm ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9726-953X>

³ Ihor Fyzik – Corresponding Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, PhD in Agricultural Sciences, Director of the Nadsluchansky Institute of the National University of Water Management and Environmental Management, 25 Chornovola St., Berezne, 34600, Ukraine. Email: igor240265@gmail.com ORCID <https://orcid.org/0000-0003-4247-2519>

In 2000, 36 settlements were recorded within a smaller study area, with a total population of approximately 270 individuals. Within the boundaries of the Kivertsi National Nature Park, the beaver settlements are located in moist, damp, and wet fairly fertile forest site types. Of these, 17% of the settlements were recorded in moist sites, 46% in damp sites, and 37% in wet sites.

As of 2024, approximately 6.9 thousand individuals of the European beaver were recorded in Volyn Region. Under current conditions, with no hunting of these animals in the western region of Ukraine, the beaver has colonized not only lowland areas but has also penetrated mountainous regions.

The species has been recorded within the territories of the Skole Beskydy National Nature Park. The European beaver is found not only in the Precarpathian region but also in the Transcarpathian region. In April 2025, at an altitude exceeding 1,000 meters above sea level, near the village of Lybokhora (Lviv region), a single individual of *Castor fiber* was recorded. The young, two-year-old individual had left its family group in search of new habitats. Such dispersal of the European beaver indicates a continued expansion of its range.

Key words: census; population size; settlements; habitats; forest site types.



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

<http://fasu.nltu.edu.ua>
<https://doi.org/10.36930/412526>
Article received 2025.04.18
Article revised 2025.09.30
Article accepted 2025.10.23
Article published 2026.03.13

ISSN 1991-606X print
ISSN 2616-5015 online
@ ✉ Correspondence author
Serhii Musiienko
musienkosergij_les@ukr.net
86 Hryhoriya Skovorody, St.,
Kharkiv. 61024, Ukraine

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 (CC BY 4.0) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)



УДК 630 [228 + 627.3] : 633.872.1

Лісівничо-таксаційна характеристика дубових деревостанів рекреаційно-оздоровчих лісів Лівобережної України

С.І. Мусієнко¹, В.А. Лук'янець², В.В. Бондаренко³

За матеріалами лісовпорядкування проаналізовано розподіл дубових деревостанів у рекреаційно-оздоровчих лісах регіону за місцем розташування, походженням, типами лісу, групами і класами віку, класами бонітету та відносними повнотами. Встановлено, що дубові деревостани в рекреаційно-оздоровчих лісах Лівобережної України ростуть на площі 187,5 тис. га. За площею та запасом переважають деревостани паростевого походження, частка яких становить 56,5 та 64,6% відповідно. Частка площі дубових насаджень штучного походження становить 38,1%, а насінневих природніх – 5,4% від загальної площі. Переважають деревостани свіжої кленово-липової діброви – 91 тис. га, що становить 48,6% від загальної площі дубових лісів.

Встановлено переважання дубових деревостанів у межах зелених зон навколо населених пунктів, площа яких становить 153,6 тис. га або 81,9%, з яких 50,8% становить лісопаркова частина і 31,1% – лісогосподарська. Суттєво переважають як за площею (73%), так і за

¹ Мусієнко Сергій Іванович – член-кореспондент Лісівничої академії наук України, кандидат сільськогосподарських наук, старший дослідник, завідувач відділу лісівництва та економіки лісового господарства. Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г.М. Висоцького, вул. Григорія Сковороди, 86, м. Харків, 61024, Україна. E-mail: musienkosergij_les@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6581-2670>

² Лук'янець Володимир Антонович – старший науковий співробітник відділу лісівництва та економіки лісового господарства. Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г.М. Висоцького, вул. Григорія Сковороди, 86, м. Харків, 61024, Україна. E-mail: lukyanets52@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3427-4240>

³ Бондаренко Віра Володимирівна – молодший науковий співробітник відділу лісівництва та економіки лісового господарства. Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г.М. Висоцького, вул. Григорія Сковороди, 86, м. Харків, 61024, Україна. E-mail: lspg@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8187-5519>

запасом (76,8%) середньовікові деревостани із середнім запасом $221 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$. Частка дубових молодняків становить 4,7, пристиглих – 9,3, стиглих і перестійних деревостанів – 13% від загальної площі. Дубові деревостани ростуть переважно за II класом бонітету із середнім запасом $245 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$, частка яких становить 43,7% від загальної площі. Також відмічено суттєве переважання за площею дубових деревостанів, які мають відносну повноту 0,7 (46,6%).

Переважають деревостани V–XI класів віку, частка площі яких становить 88,4%. Середні значення відносної повноти дубових деревостанів, починаючи із VII класу віку, поступово, а з XIV – суттєво знижуються. Середній запас у 130-річному віці сягає максимуму – $318 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$, а потім суттєво знижується – до $87 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ у 200 років як наслідок низької повноти.

Ключові слова: категорія лісів; походження деревостану; тип лісу; групи віку; клас бонітету; відносна повнота; запас деревостану.

Вступ (Introduction).

До рекреаційно-оздоровчих лісів віднесено лісові ділянки, які виконують рекреаційні, санітарно-гігієнічні та оздоровчі функції. Їх використовують для туризму, занять спортом, санаторно-курортного лікування та відпочинку населення. Вони розташовані у межах міст, селищ та інших населених пунктів; у межах округів санітарної охорони лікувально-оздоровчих територій і курортів; у межах поясів зон санітарної охорони водних об'єктів; у лісах зелених зон навколо населених пунктів (лісопаркова та лісогосподарська частини); поза межами лісів зелених зон (Постанова Кабінету Міністрів України, 2007).

Дослідження ландшафтно-рекреаційних показників рекреаційно-оздоровчих лісів та особливостей надання ними різноманітних екосистемних послуг висвітлені в наукових працях дослідників європейських країн і країн Північної Америки (Hansen, Jones, & Tocchini, 2017; Sanchez-Badini, & Innes, 2019; Gerstenberg et al., 2020; Getzner, & Meyerhoff, 2020; Tyrväinen et al., 2021; Jean et al., 2022; Pintiliu, 2022). В Україні дослідженням рекреаційно-оздоровчих лісів також присвячено багато робіт, зокрема, дослідження проводили у Тернопільській (Питуляк М.Р., Питуляк М.В., 2017; Бондар, Цицора, 2021; Kuzyk, & Tsaryk, 2021), Волинській (Павловська та ін., 2019), Житомирській (Siruk, I., & Siruk, Yu., 2020, 2023), Івано-Франківській (Парпан та ін., 2021; Приходько та ін., 2022; Кириленко та ін., 2024) областях. У Лівобережному Лісостепу і Степу авторами були проведені попередні власні дослідження (Мусієнко та ін., 2020; Мусієнко та ін., 2024а, 2024б). Проте перелічені дослідження стосуються переважно вивчення ландшафтно-рекреаційних показників цих лісів для надання ними соціальних послуг населенню, а дослідженням сучасного стану, лісівничо-таксаційних показників і продуктивності лісостанів приділено недостатньо уваги.

У регіоні досліджень дубові деревостани у рекреаційно-оздоровчих лісах, окрім виконання ними важливих еколого-захисних і рекреаційно-

оздоровчих функцій, можуть бути важливим ресурсом для задоволення потреб національної економіки в цінній дубовій деревині, оскільки доволі значна частка дубових лісостанів (31,1%) припадає на лісогосподарську частину лісів зелених зон, де можна проводити лісогосподарську діяльність. Натомість інші ділянки дубових деревостанів у рекреаційно-оздоровчих лісах є цінним об'єктом для наукових досліджень за багатьма напрямками. Зазначені аспекти зумовлюють *актуальність* і важливість проведення наукових досліджень щодо стану та продуктивності дубових деревостанів у рекреаційно-оздоровчих лісах Лівобережної України.

Мета досліджень – проаналізувати поширення, лісівничо-таксаційні показники та продуктивність дубових деревостанів у рекреаційно-оздоровчих лісах Лівобережної України залежно від їх функціонального призначення.

Об'єкти і методика дослідження (Objects and methods).

Об'єкт дослідження – дубові деревостани рекреаційно-оздоровчих лісів Лівобережної України. *Предмет дослідження* – лісівничо-таксаційні показники, поширення, особливості росту та продуктивність дубових деревостанів цієї категорії лісів.

Поширення, лісівничо-таксаційні показники і продуктивність дубових деревостанів у рекреаційно-оздоровчих лісах Лівобережної України вивчали за матеріалами лісовпорядкування на основі повидільної таксаційної бази даних «Лісовий фонд України» ВО «Укрдержліспроект» станом на 2017 рік. Досліджувані лісові ділянки перебувають у підпорядкуванні Державного агентства лісових ресурсів України. Дослідження проводили на території Лівобережного Полісся (Київська, Сумська, Чернігівська області), Лівобережного Лісостепу (Київська, Черкаська, Полтавська, Сумська, Чернігівська, Харківська області) та Лівобережного Степу (Луганська, Донецька, Харківська, Дніпропетровська, Запорізька, Херсонська області).

Характеристику стану дубових деревостанів вивчали на основі розподілу їхньої площі та запасу в межах лісових ділянок рекреаційно-оздоровчих

лісів з урахуванням походження, типів лісу, груп віку, класів бонітету та відносної повноти.

Лісівничо-таксаційні показники дубових деревостанів встановлювали шляхом групування ділянок за десятирічними класами віку. Для кожного класу віку визначали площу та загальний запас, запас на одному гектарі, середній діаметр і висоту, участь дуба у складі насаджень, відносну повноту і клас бонітету.

Результати (Results).

Загальна площа дубових деревостанів у рекреаційно-оздоровчих лісах Лівобережної України становить 187459,3 га. За площею та запасом переважають деревостани паростевого походження, частка яких становить 56,5 та 64,6% відповідно. Частка дубових насаджень штучного походження за площею становить 38,1% і за запа-

сом – 28,9% від загальної площі дубових лісів. Дубові деревостани насіннєвого природного походження ростуть на незначній площі (10153,2 га), що становить лише 5,4% від загальної. Проте деревостани насіннєвого природного походження є найбільш продуктивними ($253 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$), порівняно з паростевими ($241 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$) та насіннєвими штучними ($160 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$) насадженнями.

Серед дубових деревостанів рекреаційно-оздоровчих лісів Лівобережної України найбільшу площу (153,6 тис. га або 81,9% від загальної) займають лісові ділянки зелених зон навколо населених пунктів, з яких 50,8% становить лісопаркова частина і 31,1% – лісогосподарська. Найменшу площу (95,3 га або 0,05%) становлять лісові ділянки у межах округів санітарної охорони лікувально-оздоровчих територій і курортів (табл. 1).

Таблиця 1. Розподіл площі та запасу дубових деревостанів рекреаційно-оздоровчих лісів Лівобережної України за походженням залежно від розміщення лісових ділянок
Table 1. Distribution of the area and growing stock of oak stands in recreational and health-improving forests of Left-Bank Ukraine by origin depending on the location of forest plots

Походження дубових насаджень	Площа		Запас		
	га	%	тис. м ³	%	на 1 га, м ³
Лісові ділянки у межах міст, селищ та інших населених пунктів					
Паростеве	3434,0	14,6	683,4	20,4	199
Насіннєве природне	1062,9	4,5	221,7	6,6	209
Насіннєве штучне	19092,9	80,9	2449,7	73,0	128
Разом	23589,8	100	3354,8	100	142
Лісові ділянки у межах поясів зон санітарної охорони водних об'єктів у лісах					
Паростеве	6119,1	60,1	1168,2	66,7	191
Насіннєве природне	826,2	8,1	171,7	9,8	208
Насіннєве штучне	3229,8	31,8	411,5	23,5	127
Разом	10175,1	100	1751,5	100	172
Лісові ділянки у межах округів санітарної охорони лікувально-оздоровчих територій і курортів					
Паростеве	50,2	52,7	11,0	57,9	219
Насіннєве штучне	45,1	47,3	8,0	42,1	177
Разом	95,3	100	19,0	100	199
Лісові ділянки зелених зон навколо населених пунктів (лісопаркова частина)					
Паростеве	5998,1	63,0	14412,4	70,6	240
Насіннєве природне	3849,3	4,0	931,6	4,6	242
Насіннєве штучне	31468,7	33,0	5052,4	24,8	161
Разом	95316,1	100	20396,4	100	214
Лісові ділянки зелених зон навколо населених пунктів (лісогосподарська частина)					
Паростеве	36243,7	62,2	9203,6	66,0	254
Насіннєве природне	4414,8	7,6	1239,4	8,9	281
Насіннєве штучне	17624,5	30,2	3498,5	25,1	198
Разом	58283,0	100	13941,5	100	239
Разом за всіма лісовими ділянками рекреаційно-оздоровчих лісів					
Паростеве	105845,1	56,5	25478,6	64,6	241
Насіннєве природне	10153,2	5,4	2564,6	6,5	253
Насіннєве штучне	71461,0	38,1	11420,0	28,9	160
Разом	187459,3	100	39463,2	100	211

Серед рекреаційно-оздоровчих лісів Лівобережної України найбільшу площу займають дубові деревостани у Лівобережному Лісо- степу – 110,7 тис. га або 59,1% від загальної

площі, а найменшу – в Лівобережному Поліссі 3650 га (1,9%).

Дубові деревостани рекреаційно-оздоровчих лісів Лівобережної України представлені 66 типами

лісу. Найбільш поширеними з них є п'ять типів лісу. Решта 61 тип лісу мають незначні площі – від 0,001 до 3% і віднесені до групи «Інші типи лісу». Загальна їхня частка складає 21,1% (табл. 2).

Таблиця 2. Розподіл площі дубових деревостанів рекреаційно-оздоровчих лісів Лівобережної України за типами лісу

Table 2. Distribution of the area of oak stands in recreational and health-improving forests of Left-Bank Ukraine by forest types

Тип лісу		Площа типу лісу	
індекс	назва	га	%
C ₁ -кпД	Суха пакленова судіброва	8479,5	4,5
D ₁ -бр-кпД	Суха берестово-пакленова діброва	25888,3	13,8
D ₁ -к-лД	Суха кленово-липова діброва	14892,2	8,0
D ₂ -бр-кпД ³	Свіжа заплавна берестово-пакленова діброва	7591,8	4,0
D ₂ -к-лД	Свіжа кленово-липова діброва	91018,1	48,6
Інші типи лісу		39589,4	21,1
Разом		187459,3	100

У дубових деревостанах рекреаційно-оздоровчих лісів Лівобережної України суттєво переважають як за площею (73%), так і за запасом (76,8%), середньовікові деревостани із середнім запасом 221 м³·га⁻¹. Частка дубових молодняків становить 4,7, пристиглих – 9,3, стиглих і перестійних деревостанів – 13% від загальної площі. Найменша частка середньовікових деревостанів (45,5%) зосереджена у межах поясів зон санітарної охорони водних об'єктів у лісах. Лісові ділянки у межах округів санітарної

охорони лікувально-оздоровчих територій і курортів на 100% представлені середньовіковими деревостанами, але їхня частка загалом є незначною і становить лише 0,05% від загальної площі. Найбільша частка пристиглих (20%), а також стиглих і перестійних (29,5%) деревостанів знаходиться у межах поясів зон санітарної охорони водних об'єктів у лісах. Це більше на 53,5 і 54,4 % відповідно, порівняно із середнім показником у Лівобережній Україні. Частка молодняків за місцем розташування суттєво не відрізняється (табл. 3).

Таблиця 3. Розподіл площі та запасу дубових деревостанів рекреаційно-оздоровчих лісів Лівобережної України за групами віку залежно від розміщення лісових ділянок

Table 3. Distribution of the area and growing stock of oak stands in recreational and health-improving forests of Left-Bank Ukraine by age groups depending on the location of forest sites

Групи віку дубових насаджень	Площа		Запас		
	га	%	тис. м ³	%	на 1 га, м ³
Лісові ділянки у межах міст, селищ та інших населених пунктів					
Молодняки	866,5	3,7	70,5	2,1	81
Середньовікові	19947,1	84,5	2814,9	83,9	141
Пристигли	988,9	4,2	192,4	5,7	195
Стигли і перестійні	1787,3	7,6	277,0	8,3	155
Разом	23589,8	100	3354,8	100	142
Лісові ділянки у межах поясів зон санітарної охорони водних об'єктів у лісах					
Молодняки	510,5	5,0	43,4	2,5	85
Середньовікові	4627,8	45,5	786,9	44,9	170
Пристигли	2032,1	20,0	394,1	22,5	194
Стигли і перестійні	3004,7	29,5	527,1	30,1	175
Разом	10175,1	100	1751,5	100	172
Лісові ділянки у межах округів санітарної охорони лікувально-оздоровчих територій і курортів					
Середньовікові	95,5	100	19	100	199
Разом	95,5	100	19	100	199
Лісові ділянки зелених зон навколо населених пунктів (лісопаркова частина)					
Молодняки	4085,5	4,3	271,4	1,3	66
Середньовікові	73908,4	77,6	16670,7	81,7	226

Продовження таблиці 3

Групи віку дубових насаджень	Площа		Запас		
	га	%	тис. м ³	%	на 1 га, м ³
Пристиглі	8137,3	8,5	1683,8	8,3	207
Стиглі і перестійні	9184,9	9,6	1770,5	8,7	193
Разом	95316,1	100	20396,4	100	214
Лісові ділянки зелених зон навколо населених пунктів (лісогосподарська частина)					
Молодняки	3372,8	5,8	211,4	1,5	63
Середньовікові	38253,6	65,6	9992,7	71,7	261
Пристиглі	6313,2	10,8	1681,5	12,1	266
Стиглі і перестійні	10343,4	17,8	2056,0	14,7	199
Разом	58283,0	100	13941,5	100	239
Разом за всіма лісовими ділянками рекреаційно-оздоровчих лісів					
Молодняки	8835,3	4,7	596,7	1,5	68
Середньовікові	136832,2	73,0	30284,1	76,8	221
Пристиглі	17471,5	9,3	3951,8	10,0	226
Стиглі і перестійні	24320,3	13,0	4630,6	11,7	190
Разом	187459,3	100	39463,2	100	211

Дубові деревостани рекреаційно-оздоровчих лісів Лівобережної України ростуть переважно за II класом бонітету із середнім запасом 245 м³·га⁻¹, частка яких становить 43,7% від загальної площі. Також встановлено значну частку деревостанів (26,2%), які ростуть за III класом бонітету. Загалом розподіл площі дубових деревостанів рекреаційно-оздоровчих лісів за класами бонітету суттєво відрізняється від інших категорій у межах округів санітарної охорони лікувально-оздоровчих територій і курортів за рахунок невеликої їхньої площі. У цієї категорії частка площі деревостанів, що ростуть за II класом бонітету, є найбіль-

шою (84%), а деревостани, які ростуть за IV і нижче класами бонітету відсутні. Найменшою є площа деревостанів, що ростуть за II класом бонітету (27,2%) у межах міст, селищ та інших населених пунктів. Також суттєво відрізняються дубові деревостани лісових ділянок зелених зон навколо населених пунктів – лісопаркова і лісогосподарська частини. Так, частка площі деревостанів, що ростуть за I і вище класами бонітету у лісогосподарській частині є більшою на 49,8%, а частка деревостанів, що ростуть за III класом бонітету, є меншою на 35,9% порівняно з лісопарковою частиною (табл. 4).

Таблиця 4. Розподіл площі та запасу дубових деревостанів рекреаційно-оздоровчих лісів Лівобережної України за класами бонітету залежно від розміщення лісових ділянок
Table 4. Distribution of the area and growing stock of oak stands in recreational and health-improving forests of Left-Bank Ukraine by site quality classes depending on the location of forest sites

Класи бонітету	Площа		Запас		
	га	%	тис. м ³	%	на 1 га, м ³
Лісові ділянки у межах міст, селищ та інших населених пунктів					
I і вище	2842,7	12,1	585,8	17,5	206
II	6408,3	27,2	1114,6	33,2	174
III	8737,3	37,0	1137,9	33,9	130
IV і нижче	5601,5	23,7	516,5	15,4	92
Разом	23589,8	100	3354,8	100	142
Лісові ділянки у межах поясів зон санітарної охорони водних об'єктів у лісах					
I і вище	501,4	4,9	87,7	5,0	175
II	2667,6	26,2	609,0	34,8	228
III	4137,9	40,7	726,8	41,5	176
IV і нижче	2868,2	28,2	328,0	18,7	114
Разом	10175,1	100	1751,5	100	172
Лісові ділянки у межах округів санітарної охорони лікувально-оздоровчих територій і курортів					
I	5,7	6,0	1,1	5,8	193
II	80,1	84,0	16,4	86,3	205
III	9,5	10,0	1,5	7,9	158
Разом	95,3	100	19,0	100	199

Продовження таблиці 4

Класи бонітету	Площа		Запас		
	га	%	тис. м ³	%	на 1 га, м ³
Лісові ділянки зелених зон навколо населених пунктів (лісопаркова частина)					
I і вище	12721,4	13,3	3223,8	15,8	253
II	46006,5	48,3	11363,9	55,7	247
III	26006,5	27,3	4729,5	23,2	182
IV і нижче	10581,7	11,1	1079,2	5,3	102
Разом	95316,1	100	20396,4	100	214
Лісові ділянки зелених зон навколо населених пунктів (лісогосподарська частина)					
I і вище	15455,7	26,5	4454,3	31,9	288
II	26735,2	45,9	6928,6	49,7	259
III	10191,5	17,5	1878,3	13,5	184
IV і нижче	5900,6	10,1	680,3	4,9	115
Разом	58283	100	13941,5	100	239
Разом за всіма лісовими ділянками рекреаційно-оздоровчих лісів					
I і вище	31526,9	16,8	8352,7	21,2	265
II	81897,7	43,7	20032,5	50,7	245
III	49082,7	26,2	8474,0	21,5	173
IV і нижче	24952,0	13,3	2604,0	6,6	104
Разом	187459,3	100	39463,2	100	211

У рекреаційно-оздоровчих лісах Лівобережної України за площею переважають дубові деревостани з відносною повнотою 0,7, частка яких становить 46,6% від загальної площі. Також встановлено доволі значні частки деревостанів повнотою 0,3-0,6 (24,4%) та 0,8 (22,9%). Найбільший запас зосереджено в дубових деревостанах, що мають відносну повноту 0,7-49,6% від загального запасу, а середній запас за цієї повноти також є найбільшим і становить 224 м³·га⁻¹.

Розподіл площ дубових деревостанів рекреаційно-оздоровчих лісів за повнотою внаслідок невеликої площі суттєво відрізняється від інших ка-

тегорій. Також суттєво за повнотою відрізняються лісові ділянки дубових деревостанів у межах міст, селищ та інших населених пунктів та лісові ділянки у межах поясів зон санітарної охорони водних об'єктів у лісах як між собою, так і порівняно з середніми значеннями по Лівобережній Україні загалом. Так, частка площі з повнотою 0,3-0,6 (38,4%) на лісових ділянках у межах поясів зон санітарної охорони водних об'єктів у лісах є більшою на 36,5%, а з повнотою 0,8 (14,2%) – меншою на 38% порівняно з середніми показниками дубових деревостанів Лівобережної України (табл. 5).

Таблиця 5. Розподіл площі та запасу дубових деревостанів рекреаційно-оздоровчих лісів Лівобережної України за відносною повнотою залежно від розміщення лісових ділянок
Table 5. Distribution of the area and growing stock of oak stands in recreational and health-improving forests of Left-Bank Ukraine by relative stand density depending on the location of forest sites

Відносна повнота	Площа		Запас		
	га	%	тис. м ³	%	на 1 га, м ³
Лісові ділянки у межах міст, селищ та інших населених пунктів					
0,3–0,6	3431,4	14,5	393,4	11,7	115
0,7	7996,9	33,9	1158,2	34,5	145
0,8	8019	34,0	1193,8	35,6	149
0,9–1,0	4142,5	17,6	609,4	18,2	147
Разом	23589,8	100	3354,8	100	142
Лісові ділянки у межах поясів зон санітарної охорони водних об'єктів у лісах					
0,3–0,6	3907,8	38,4	623	35,6	159
0,7	4343,5	42,7	811,7	46,3	187
0,8	1442,8	14,2	234,5	13,4	163
0,9–1,0	481	4,7	82,3	4,7	171
Разом	10175,1	100	1751,5	100	172
Лісові ділянки у межах округів санітарної охорони лікувально-оздоровчих територій і курортів					
0,3–0,6	11,8	12,4	2,4	12,6	203
0,7	50,2	52,7	10,6	55,8	211
0,8	29,3	30,7	5,3	27,9	181
0,9–1,0	4	4,2	0,7	3,7	175
Разом	95,3	100	19,0	100	199

Продовження таблиці 5

Відносна повнота	Площа		Запас		
	га	%	тис. м ³	%	на 1 га, м ³
Лісові ділянки зелених зон навколо населених пунктів (лісопаркова частина)					
0,3–0,6	24376,4	25,6	4672,6	22,9	192
0,7	46002,1	48,2	10479,5	51,4	228
0,8	20094,8	21,1	4379,1	21,5	218
0,9–1,0	4842,8	5,1	865,2	4,2	179
Разом	95316,1	100	20396,4	100	214
Лісові ділянки зелених зон навколо населених пунктів (лісогосподарська частина)					
0,3–0,6	13935,7	23,9	2659	19,1	191
0,7	28911,4	49,6	7121,4	51,1	246
0,8	13365	22,9	3631,1	26,0	272
0,9–1,0	2070,9	3,6	530	3,8	256
Разом	58283	100	13941,5	100	239
Разом за всіма лісовими ділянками рекреаційно-оздоровчих лісів					
0,3–0,6	45663,1	24,4	8350,4	21,2	183
0,7	87304,1	46,6	19581,4	49,6	224
0,8	42950,9	22,9	9443,8	23,9	220
0,9–1,0	11541,2	6,1	2087,6	5,3	181
Разом	187459,3	100	39463,2	100	211

Аналіз вікової структури лісостанів на території Лівобережної України засвідчує, що суттєво переважають деревостани V–XI класів віку, частка площі яких становить 88,4% від загальної, а найбільшою є площа деревостанів IX класу віку – 35677,4 га. У деревостанах IX класу віку також присутня значна частка дуба у складі (8 од.), а найменша – у деревостанах XVII класу віку (4,2 од.). Аналіз середніх значень відносної повноти дубняків у розрізі

класів віку засвідчує, що починаючи із VII класу віку, відбувається поступове, а з XIV – суттєве її зниження. Середній запас деревостанів з віком поступово збільшується і у 130-річному віці досягає максимуму – 318 м³·га⁻¹, після чого суттєво знижується – до 87 м³·га⁻¹ у 200 років внаслідок низької повноти. Середні діаметр і висота деревостанів у 130-річному віці також мають найбільші показники – 45,6 см та 27,2 м відповідно (табл. 6).

Таблиця 6. Основні таксаційні показники дубових деревостанів рекреаційно-оздоровчих лісів Лівобережної України за класами віку

Table 6. The main forest-mensuration indicators of oak stands in the recreational and health-improving forests of Left-Bank Ukraine by age classes

Класи віку	Площа, га	Запас		Середні таксаційні показники насаджень				
		тис. м ³	на 1 га, м ³	участь в складі, од.	діаметр, см	висота, м	відносна повнота	клас бонітету
I	1549,5	9,7	6	7,4	2,0	2,0	0,71	I,3
II	1573,7	39,9	25	6,3	5,9	4,5	0,71	I,7
III	2305,8	146,9	64	6,2	10,8	8,4	0,72	II,7
IV	4923,4	472,4	96	6,5	14,6	11,8	0,73	II,6
V	25977,9	3204,3	123	7,3	16,4	13,4	0,74	II,7
VI	20843,4	3464,7	166	7,1	19,2	16,1	0,74	II,6
VII	22618,7	4906,2	217	7,4	24,2	19,7	0,71	II,2
VIII	25023,9	5862,3	234	7,8	27,0	21,1	0,70	II,3
IX	35677,4	8834,7	248	8,0	31,5	22,8	0,67	II,4
X	24761,1	6272,7	253	7,8	34,4	23,6	0,66	II,4
XI	10739,0	2864,4	267	7,7	37,3	24,1	0,64	II,4
XII	5957,8	1701,6	286	7,7	41,2	25,5	0,62	II,3
XIII	5044,8	1606,0	318	7,6	45,6	27,2	0,62	II,0
XIV	318,5	54,4	171	7,0	44,8	21,5	0,54	III,4
XV	87,1	13,2	152	8,2	42,4	21,2	0,52	III,4
XVI	41,4	8,1	196	6,2	42,0	21,8	0,45	III,4
XVII	13,6	1,5	110	4,2	47,0	19,3	0,46	IV,1
XX	2,3	0,2	87	6,0	56,0	19,0	0,30	IV,0
Разом	187459,3	39463,2	211	7,4	24,2	18,4	0,70	II,4

Серед дубових деревостанів у межах лісових ділянок поясів зон санітарної охорони водних об'єктів та у межах лісових ділянок поясів зон санітарної охорони водних об'єктів (лісопаркова і лісогосподарська частини) також переважають деревостани V–XI класів віку, частка яких становить відповідно 84,9%, 89,5% і 85,2% від загальної площі. Винятком є деревостани лісових ділянок у межах міст, селищ та інших населених пунктів, в яких переважають дубняки V–X класів віку, частка яких становить 91,2% та у межах округів санітарної охорони лікувально-оздоровчих територій і курортів, які представлені лише деревостанами V–VIII класів віку.

Дискусія (Discussion).

Серед дубових деревостанів рекреаційно-оздоровчих лісів Лівобережної України найбільшу площу (153,6 тис. га або 81,9% від загальної) посідають лісові ділянки зелених зон навколо населених пунктів, з яких 50,8% займає лісопаркова частина і 31,1% – лісогосподарська. За попередніми нашими дослідженнями (Мусієнко та ін., 2024а) у Лівобережному Лісостепу частка площ цих лісостанів становить 98,0%, лісопаркова частина – 61,6%, лісогосподарська – 36,4%, а в Лівобережному Степу (Мусієнко та ін., 2024b) – 56,6%, з яких на лісопаркову та лісогосподарську частини лісів зелених зон навколо населених пунктів припадає відповідно 35,9 та 20,7%. Для порівняння, в Івано-Франківській обл. на трьох постійних дослідних об'єктах на лісогосподарську та лісопаркову частини лісів зелених зон навколо населених пунктів припадає відповідно 70 та 20% (Парпан та ін., 2021). У філії «Вигодське ЛГ» Івано-Франківської обл. лісогосподарська зона становить 89,0, а лісопаркова – 10,9% від загальної площі рекреаційно-оздоровчих лісів підприємства (Приходько та ін., 2022).

У рекреаційно-оздоровчих лісах Кременецького району Тернопільської області (Правобережний Лісостеп) лісогосподарська зона становить 90,4%, а лісопаркова – 9,6% від загальної площі лісів (Бондар, Цицюра, 2021). У філії «Любомльське ЛГ» Волинської області (Західне Полісся) Т.С. Павловська та ін. (2019) встановили, що понад 93% площі рекреаційно-оздоровчих лісів посідають лісові ділянки в межах зелених зон навколо населених пунктів. У Житомирській області лісогосподарська зона займає 58,0, а лісопаркова – 42,0% від загальної площі рекреаційно-оздоровчих лісів (Siruk I., & Siruk Yu., 2020).

Структура деревостанів за віком є одним із найважливіших показників лісового фонду для оцінювання лісових ресурсів. Вона дає уявлення щодо розподілу площі лісів і запасів деревини в межах вікових груп. За результатами досліджень, вікова структура у дубових деревостанах рекреаційно-

оздоровчих лісів Лівобережної України є розбалансованою із суттєвим переважанням за площею середньовікових насаджень (73,0% від загальної). Розподіл за групами віку дубових деревостанів рекреаційно-оздоровчих лісів Лівобережної України є таким: молодняки – 29, середньовікові – 49, пристиглі – 13, стиглі та перестійні – 9%.

Переважання середньовікових деревостанів у віковій структурі рекреаційно-оздоровчих лісів відзначено й іншими дослідниками. Так, у рекреаційно-оздоровчих лісах Кременецького району Тернопільської обл. частка середньовікових насаджень становить 57,9% (Бондар, Цицюра, 2021). За іншими даними (Питуляк М.Р., Питуляк М.В., 2017) частка таких деревостанів у філіях лісового господарства Тернопільщини змінюється в межах 55,8-61,0%. У лісостанах Івано-Франківської обл. частка середньовікових деревостанів становить 59% (Парпан та ін., 2021), у лісостанах філії «Любомльське ЛГ» Волинської області – 85,1% (Павловська та ін., 2019), а в лісостанах Житомирській області – 75,7% (Siruk I., & Siruk Yu., 2020) від загальної площі лісів.

Продуктивність і стійкість лісів значною мірою залежить від класу бонітету та повноти насаджень. Дубові деревостани рекреаційно-оздоровчих лісів Лівобережної України ростуть переважно за II класом бонітету із середнім запасом $245 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$, частка яких становить 43,7% від загальної площі. Переважають деревостани з відносною повнотою 0,7, на частку яких припадає 46,6% загальної площі. У Лівобережному Лісостепу частка площ дубових деревостанів, які ростуть за II класами бонітету, становить 56,5% і характеризуються відносною повнотою 0,7 (51,8%) (Мусієнко та ін., 2024а). У Лівобережному Степу переважають дубові деревостани II і III класів бонітету (62,7%) і характеризуються повнотою 0,7–0,8 (63,7%) (Мусієнко та ін., 2024b).

Висновки (Conclusions).

1. Дубові деревостани в рекреаційно-оздоровчих лісах Лівобережної України ростуть на площі 187,5 тис. га. Переважають деревостани у межах зелених зон навколо населених пунктів, площа яких становить 153,6 тис. га або 81,9%, з яких 50,8% представлено лісопарковою і 31,1% – лісогосподарською частинами.

2. За площею та запасом переважають деревостани паростевого походження, частка яких становить 56,5 та 64,6% відповідно. Частка площі дубових насаджень штучного походження становить 38,1%, а насінних природних – 5,4% від загальної площі. Більша частка дубових деревостанів (48,6%) росте в умовах свіжої кленово-липової діброви.

3. Суттєво переважають як за площею (73%), так і за запасом (76,8%) середньовікові деревостани із середнім запасом деревини $221 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$.

4. Умови Лівобережної України загалом є сприятливими для успішного росту і розвитку дубових деревостанів та ефективного виконання ними рекреаційно-оздоровчих функцій. Свідченням цього є суттєве переважання за площею дубових деревостанів, що ростуть за II класом бонітету та характеризуються відносною повнотою 0,7.

5. Показник відносної повноти дубових деревостанів, починаючи із VII класу віку, поступово, а з XIV – суттєво знижується.

6. Середній запас з віком поступово збільшується, досягаючи в 130-річному віці максимального значення – $318 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$, після суттєво знижується – до $87 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ у 200 років внаслідок низької повноти.

Конфлікт інтересів (Conflicts of Interest).

Автори заявляють про відсутність у них відомих конкуруючих фінансових інтересів чи особистих зв'язків, які могли б вплинути на результати, представлені у цій статті.

Список літератури (References)

- Bondar, O., & Tsytsiura, N. (2021). Recreational and health forests of Kremenets district, Ternopil region. *Balanced Nature Management*, 2, 80–87. <https://doi.org/10.33730/2310-4678.2.2021.237994> [Бондар, О. Б., Цицюра, Н. І. (2021). Рекреаційно-оздоровчі ліси Кременецького району Тернопільської області. *Збалансоване природокористування*, 2, 80–87.] (in Ukrainian)
- Cabinet of Ministers of Ukraine. (2007, May 16). *Resolution No. 733 “On approval of the procedure for division of forests into categories and allocation of specially protected forest areas”*. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/733-2007-%D0%BF#Text> [Кабінет Міністрів України. (2007). Про затвердження порядку поділу лісів на категорії та виділення особливо захисних лісових ділянок: Постанова від 16 травня 2007 року № 733. Київ.] (in Ukrainian)
- Gerstenberg, T., Baumeister, C. F., Schraml, U., & Plieninger, T. (2020). Hot routes in urban forests: The impact of multiple landscape features on recreational use intensity. *Landscape and Urban Planning*, 203, 103888. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2020.103888>
- Getzner, M., & Meyerhoff, J. (2020). The benefits of local forest recreation in Austria and its dependence on naturalness and quietude. *Forests*, 11(3), 326. <https://doi.org/10.3390/f11030326>
- Hansen, M. M., Jones, R., & Tocchini, K. (2017). Shinrin-yoku (forest bathing) and nature therapy: A state-of-the-art review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(8), 851. <https://doi.org/10.3390/ijerph14080851>
- Jean, R., Naka, K., Christian, C. S., Gyawali, B. R., Bowman, T., & Hopkinson, S. (2022). Identifying primary drivers of participants from various socioeconomic backgrounds to choose national forest lands in the Southeastern Region of the US as a travel destination for recreation. *Land*, 11(8), 1301. <https://doi.org/10.3390/land11081301>
- Kuzyk, I., & Tsaryk, L. (2021). Assessment of recreational health function of the complex green zone Ternopil City, Ukraine. *IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology*, 15(3), 21–29. <https://doi.org/10.9790/2402-1503012129>
- Kyrylenko, Ya. O., Hudyma, V. M., Parpan, T. V., Holubchak, O. I., & Tkachuk, O. M. (2024). The state and potential of recreational and health forests of the Ciscarpathia. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 34(7), 9–16. <https://doi.org/10.36930/40340701> [Кириленко, Я. О., Гудима, В. М., Парпан, Т. В., Голубчак, О. І., Ткачук, О. М. (2024). Стан та потенціал рекреаційно-оздоровчих лісів Передкарпаття. *Науковий вісник НЛТУ України*, 34(7), 9–16.] (in Ukrainian)
- Musienko, S. I., Lukyanets, V. A., Bondarenko, V. V., Rumyantsev, M. G., & Kobets, O. V. (2020). Typological diversity of recreational and health-improving forests in Left-Bank Ukraine. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 30(5), 31–35. <https://doi.org/10.36930/40300505> [Мусієнко, С. І., Лук'янець, В. А., Бондаренко, В. В., Румянцев, М. Г., Кобець, О. В. (2020). Типологічне різноманіття рекреаційно-оздоровчих лісів Лівобережної України. *Науковий вісник НЛТУ України*, 30(5), 31–35.] (in Ukrainian)
- Musienko, S. I., Lukyanets, V. A., Kobets, O. V., & Bondarenko, V. V. (2024b). Forestry and stand mensuration characteristics of oak stands in recreational and health forests of the Left-Bank Steppe. *Balanced Nature Management*, 2, 76–83. <https://doi.org/10.33730/2310-4678.2.2024.309925> [Мусієнко, С. І., Лук'янець, В. А., Кобець, О. В., Бондаренко, В. В. (2024b). Лісівничо-таксаційна характеристика дубових деревостанів у рекреаційно-оздоровчих лісах Лівобережного Степу. *Збалансоване природокористування*, 2, 76–83.] (in Ukrainian)
- Musienko, S. I., Lukyanets, V. A., Rumyantsev, M. G., Kobets, O. V., Tarnopilska, O. M., & Bondarenko, V. V. (2024a). Forestry and taxation characteristics of oak stands in recreational and health forests of the Left Bank Forest Steppe. *Agrobiology*, 1, 120–130. <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2024-187-1-120-130>
- [Мусієнко, С. І., Лук'янець, В. А., Румянцев, М. Г., Кобець, О. В., Тарнопільська, О. М., Бондаренко, В. В. (2024a). Лісівничо-таксаційна характеристика дубових деревостанів у рекреаційно-

- оздоровчих лісах Лівобережного Лісостепу. *Агробіологія*, 1, 120–130.] (in Ukrainian)
- Parpan, T. V., Holubchak, O. I., Hudyma, V. M., Prykhodko, N. F., Falko, R. I., & Kyrylenko, Ya. O. (2021). Characteristics of recreation forests of Ivano-Frankivsk region and assessment of their potential at permanent research sites. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 31(5), 9–16. <https://doi.org/10.36930/40310501> [Парпан, Т. В., Голубчак, О. І., Гудима, В. М., Приходько, Н. Ф., Фалько, Р. І., Кириленко, Я. О. (2021). Характеристика рекреаційно-оздоровчих лісів Івано-Франківщини та оцінювання їх потенціалу на постійних дослідних об'єктах. *Науковий вісник НЛТУ України*, 31(5), 9–16.] (in Ukrainian)
- Pavlovska, T. S., Biletsky, Y. V., Rudyk, O. V., & Samolyuk, I. V. (2019). Recreational and health-improving forests of the SE “Liuboml FE”. *Geography and Tourism*, 47, 137–148. [Павловська, Т. С., Білецький, Ю. В., Рудик, О. В., Самолук, І. В. (2019). Рекреаційно-оздоровчі ліси ДП «Любомльське ЛГ». *Географія і туризм*, 47, 137–148.] (in Ukrainian)
- Pintilii, R.-D. (2022). Forest recreation and landscape protection. *Forests*, 13, 1440. <https://doi.org/10.3390/f13091440>
- Prykhodko, N. F., Parpan, T. V., Holubchak, O. I., Prykhodko, M. M., & Hudyma, V. M. (2022). Radial growth of forest stands of recreational and health-improving forests of Prydnistrovya Subcarpathian region (Ivano-Frankivsk region). *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 32(5), 42–49. <https://doi.org/10.36930/40320506>
- [Приходько, Н. Ф., Парпан, Т. В., Голубчак, О. І., Приходько, М. М., Гудима, В. М. (2022). Радіальні прирости деревостанів рекреаційно-оздоровчих лісів Придністровського Передкарпаття (Івано-Франківська область). *Науковий вісник НЛТУ України*, 32(5), 42–49.] (in Ukrainian)
- Pytulyak, M. R., & Pytulyak, M. V. (2017). The peculiarities of nature forest use in Ternopil region. *Scientific Notes of Ternopil National Pedagogical University. Series: Geography*, 2(43), 185–190. http://nbuv.gov.ua/UJRN/NZTNPUg_2017_2_30 [Питуляк, М. Р., Питуляк, М. В. (2017). Особливості рекреаційного лісокористування в Тернопільській області. *Наукові записки ТНПУ. Серія: географія*, 2(43), 185–190.] (in Ukrainian)
- Sanchez-Badini, O., & Innes, J. L. (2019). Forests and trees: A public health perspective. *Santé Publique*, S1(HS), 241–248. <https://doi.org/10.3917/spub.190.0241>
- Siruk, I., & Siruk, Yu. (2023). Recreation characteristics of the green zone forests of the Zhytomyr city. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*, 14(4), 73–87. <https://doi.org/10.31548/forest/4.2023.73>
- Siruk, I., & Siruk, Yu. (2020). Structure of forest sites of the green belt of Zhytomyr city. *Scientific Horizons*, 23(12), 18–28. [https://doi.org/10.48077/scihor.23\(12\).2020.18-28](https://doi.org/10.48077/scihor.23(12).2020.18-28)
- Tyrväinen, L., Mäntymaa, E., Juutinen, A., Kurttila, M., & Ovaskainen, V. (2021). Private landowners' preferences for trading forest landscape and recreational values: A choice experiment application in Kuusamo, Finland. *Land Use Policy*, 107, 104478. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104478>

Forest-mensurational characteristics of oak stands in recreational and health-improving forests of Left-Bank Ukraine

S. Musienko¹, V. Lukyanets², V. Bondarenko³

Many scientific works of European and North American scientists are concerned with the study of recreational and health-improving forests. In Ukraine, a number of works have also focused on the study of these

types of forest, in particular, in Ternopil, Volyn, Zhytomyr, Ivano-Frankivsk, Poltava, Sumy, and Kharkiv regions. However, all these studies were mainly concerned with examining the landscape and recreational

¹ Serhii Musiienko – Corresponding Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Ph.D., Senior Researcher, Head of the Department of Forestry and Forestry Economics, the G.M. Vysotsky Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration, 86 Hryhoriy Skovoroda St., Kharkiv, 61024, Ukraine. E-mail: musienkosergij_les@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6581-2670>

² Volodymyr Lukyanets – Senior Researcher at the Department of Forestry and Forestry Economics, the G.M. Vysotsky Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration, 86 Hryhoriy Skovoroda St., Kharkiv, 61024, Ukraine. E-mail: lukyanetc52@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3427-4240>

³ Vira Bondarenko – Junior Researcher at the Department of Forestry and Forestry Economics, the G.M. Vysotsky Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration, 86 Hryhoriy Skovoroda St., Kharkiv, 61024, Ukraine. E-mail: lspg@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8187-5519>

characteristics of these forests in relation to their provision of social services to the population (tourism, sports, health resort treatment, and recreation), while insufficient attention has been paid to studying the current state, forest-mensurational characteristics, and productivity of oak stands in recreational and health-improving forests.

The aim of the study is to analyze the distribution of oak forest stands in the recreational and health-improving forests of Left-Bank Ukraine, as well as to examine their forest-mensurational characteristics and productivity depending on their functional purpose.

The analysis of the current condition, forest-mensurational indicators, and the productivity of oak stands in the recreational and health-improving forests of Left-Bank Ukraine was carried out using forest inventory materials—specifically, the compartment-level forest mensuration database “Forest Fund of Ukraine” of the Ukrainian State Forest Planning Association *Ukrderzhlisproekt* (as of 2017). The investigated forest areas are administered by the State Agency of Forest Resources of Ukraine.

Oak stands in the recreational and health-improving forests of Left-Bank Ukraine occupy an area of 187.5 thousand hectares. In terms of area and growing stock, stands of coppice origin predominate, the share of which is 56.5% and 64.6%, respectively. The share of oak stands of artificial origin is 38.1%, while naturally regenerated seed-origin stands account for 5.4% of the total area. The highest growing stock ($253 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$) is characteristic of naturally regenerated seed-origin stands. Stands of fresh maple-lime forest of fertile oak-forest type prevail, covering 91 thousand hectares, which represents 48.6% of the total area of the oak forests.

The most widespread oak stands are those within the green zones around settlements, covering an area of 153.6 thousand hectares, or 81.9% of the total area. Of this area, 50.8% belongs to the forest-park component and 31.1% to the forestry- enterprise component. Middle-aged stands substantially prevail both in terms of area (73%) and growing stock (76.8%), with an average growing stock of $221 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. The share of oak saplings is 4.7%, maturing oak trees occupy 9.3%, mature and over-mature stands – 13% of the total area. The oak stands primarily grow under site quality class II, with an average growing stock of $245 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, the share of which is 43.7 % of the total area. A significant predominance is also noted in terms of area for oak stands with a relative density of 0.7 (46.6%).

The analysis of the age structure of oak stands in Left-Bank Ukraine shows that there is a significant predominance of stands of age classes V-XI, the share of their area being 88.4% of the total area. The average values of the relative density of the oak stands gradually decrease starting from age class VII, and decline significantly from age class XIV. The average growing stock at the age of 130 years reaches a maximum of $318 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, and then significantly decreases to $87 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ at the age of 200 years, due to low stand density. The average diameter and height at the age of 130 years also have the highest values of 45.6 cm and 27.2 m, respectively. These features must be taken into account when growing oak trees in these forests in order to ensure the effective performance of the functions assigned to them.

Key words: Forest category, origin of the stand, forest type, age class, site class, relative density, stand growing stock.



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

<http://fasu.nltu.edu.ua>
<https://doi.org/10.36930/412527>
Article received 2025.05.02
Article revised 2025.10.27
Article accepted 2025.11.20
Article published 2026.03.13

ISSN 1991-606X print
ISSN 2616-5015 online
@ ✉ Correspondence author
Taras Parpan
tarasparpan@gmail.com
31 Hrushevsky St.,
Ivano-Frankivsk, 76018, Ukraine

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 (CC BY 4.0) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)



УДК 630.9:551.583

Кліматично-орієнтоване лісівництво як концептуально новий підхід до управління лісами

Т.В. Парпан¹, Я.О. Кириленко², О.М. Ткачук³, Н.Ф. Приходько⁴

Лісовий сектор є однією з галузей, що зазнає суттєвого впливу наслідків зміни клімату, які ставлять перед лісовим господарством широкий спектр серйозних викликів. Найбільш суттєвими з них є погіршення стану лісових екосистем та підвищена частота чи агресивність шкідливих чинників. Останні повні оціночні звіти Міжурядової групи експертів зі зміни клімату, опубліковані в 2021-2023 рр., наголошують на необхідності запровадження невідкладних та ефективних заходів для пом'якшення наслідків зміни клімату. Тому розроблення концепції кліматично-орієнтованого лісівництва та відповідних адаптивних заходів є одним із підходів для досягнення цих цілей у лісах та в лісовому секторі загалом. Поява концепції кліматично-орієнтованого лісівництва, як нового підходу до управління лісами, є відповіддю на комплексні виклики, зумовлені зміною клімату

¹ Парпан Тарас Васильович – член-кореспондент Лісівничої академії наук України, кандидат біологічних наук, провідний науковий співробітник лабораторії екології та захисту лісу. Український науково-дослідний інститут гірського лісівництва ім. П.С. Пастернака, вул. Грушевського, 31, м. Івано-Франківськ, 76018, Україна. E-mail: tarasparpan@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8459-0479>

² Кириленко Ярослав Олександрович – молодший науковий співробітник лабораторії екології та захисту лісу. Український науково-дослідний інститут гірського лісівництва ім. П.С. Пастернака, вул. Грушевського, 31, м. Івано-Франківськ, 76018, Україна. E-mail: yaroslav.kyrylenko5@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2665-3969>

³ Ткачук Оксана Михайлівна – кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник лабораторії екології та захисту лісу. Український науково-дослідний інститут гірського лісівництва ім. П.С. Пастернака, вул. Грушевського, 31, м. Івано-Франківськ, 76018, Україна. E-mail: tkachuk.oksana1988@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7569-0523>

⁴ Приходько Ніна Філімонівна – науковий співробітник лабораторії екології та захисту лісу. Український науково-дослідний інститут гірського лісівництва ім. П.С. Пастернака, вул. Грушевського, 31, м. Івано-Франківськ, 76018, Україна. E-mail: nina.pryhodko@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1393-207X>

та соціально-економічними трансформаціями. Заходи з адаптації лісів до зміни клімату повинні бути спрямовані не лише на їх збереження, захист та покращення у змінених умовах, але й на збільшення їхнього потенціалу з погляду впливу на пом'якшення негативних наслідків зміни клімату. Концепція кліматично-орієнтованого лісівництва базується на таких основних цілях: зменшенні викидів парникових газів в атмосферу, адаптації і підвищенні стійкості лісів до зміни клімату та повноцінному наданні ними екосистемних послуг, сталому підвищенні продуктивності лісів та економічному добробуті. Для України впровадження цієї стратегії стане важливим кроком для досягнення кліматичних цілей та інтеграції з країнами ЄС. Тому кліматично-орієнтоване лісівництво потрібно розглядати як основу нового бачення лісової політики, що поєднує екологічну, економічну та соціальну складові в контексті глобальної кліматичної кризи.

Ключові слова: зміна клімату; країни ЄС; новітні підходи до кліматично-орієнтованого лісівництва.

Вступ (Introduction).

Глобальна зміна клімату є одним із найбільших екологічних і соціально-економічних викликів ХХІ століття. Зростання концентрацій парникових газів в атмосфері призводить до незворотних змін в екосистемі планети: підвищення середньорічної температури, частих і тривалих спекотних хвиль, інтенсивних посух і повеней та прояву цих складних кліматичних явищ і процесів у комплексній взаємодії. Вони суттєво впливають на функціонування та життєздатність лісів, які формувалися упродовж століть у відносно стабільних кліматичних умовах. Навіть невеликі коливання температури та опадів можуть призвести до помітних зрушень стану і структури лісових екосистем. Оскільки ліси виявились уразливими до зміни клімату, їх життєвий стан за останні два-три десятиліття помітно погіршився (Seidl et al., 2017).

Ліси мають фундаментальне значення в регулюванні та пом'якшенні кліматичних змін. Вони депонують вуглець, зберігаючи його значні обсяги в біомасі та ґрунтах. За оцінками Міжурядової групи експертів зі зміни клімату, на ліси припадає понад 80% загальних наземних запасів вуглекислого газу, і саме вони забезпечують ключовий внесок до планетарного вуглецевого балансу. Крім цього, ліси регулюють та підтримують кругообіг води, впливають на регіональний клімат, є середовищем проживання численних біологічних видів та забезпечують людство екосистемними послугами (Shvediuk, 2024).

Зростання середньої температури спричиняє поширення хвороб і шкідників, які раніше не траплялися та не були адаптованими до помірного клімату. Зниження рівня ґрунтових вод внаслідок тривалих посух призводить до ослаблення деревостанів, що підвищує ризики вітровалів та пожеж. Особливо вразливими є гірські ліси континентального клімату, де різкі перепади температури та зміни вологості ґрунтів можуть спричинити ерозійні процеси і дестабілізувати «умови зростання» лісостанів.

У цьому контексті виникла ідея розроблення стратегії кліматично-орієнтованого лісівництва (далі – КОЛ) як концептуально нового підходу до управління лісами. Основою для його формування стало визнання необхідності пом'якшення зміни клімату за рахунок поглинання лісами вуглекислого газу, забезпечення їх довгострокової стійкості і життєздатності та адаптацію до нових кліматичних умов за одночасного збереження багатофункціональної ролі. КОЛ у широкому розумінні є аналогом концепції «climate-smart agriculture», що активно впроваджується у сільському господарстві.

Ключова ідея концепції полягає в поєднанні трьох взаємопов'язаних цілей: адаптації лісів до нових кліматичних реалій; пом'якшенні змін клімату через депонування лісостанами вуглецю й використання деревини як відновлюваного ресурсу; соціально-економічної ефективності і сталості, тобто забезпечення лісової галузі та громад необхідними ресурсами і послугами (Shvediuk, 2024).

З огляду на масштаби та актуальність проблеми, досвід країн ЄС у впровадженні кліматично-орієнтованого лісівництва є надзвичайно цінним для нашої держави. Україна ратифікувала Паризьку угоду і визначила амбітні цілі зі скорочення викидів парникових газів та забезпечення стійкості лісів до зміни клімату, які прописані в Державній стратегії управління лісами до 2035 року. Це стосується і регіону Українських Карпат, де кліматичні зміни є добре помітними, аргументом чому є всихання та ослаблення життєвості гірських лісів, особливо похідних деревостанів та, відповідно, погіршення виконання ними екосистемних функцій (насамперед ґрунтозахисних та гідрологічних).

Метою представленої оглядової статті є аналіз новітніх літературних даних та надання інформації щодо підходів країн ЄС до кліматично-орієнтованого лісівництва, наведення конкретних прикладів його впровадження, виявлення ключових проблем та перспектив його розвитку в Україні.

Обговорення проблеми (Discussing the problem).

Підходи країн ЄС до кліматично-орієнтованого лісівництва. Кліматично-орієнтоване лісівництво є одним із підходів для досягнення наведених вище цілей у лісах та лісовому секторі. Ведення господарства на його основі може допомогти зменшити викиди CO₂ в ЄС на 20% до 2050 року (Nabuurs et al., 2017). Управління лісами, адаптоване до кліматичних змін, може значно зменшити їхню вразливість (Seidl et al., 2017).

Управління лісами повинно бути оптимізовано як на регіональному, так і на глобальному рівні. Наприклад, у деяких регіонах пріоритетом може бути збереження та посилення поглинання вуглецю, тоді як в інших регіонах перевагу надають сталій лісозаготівлі. Якщо промислове виробництво деревини в ЄС сповільниться, попит буде задовольнятися лісовими продуктами, виробленими за його межами, де способи отримання деревини можуть бути менш екологічними, менш ресурсоефективними та менш вуглецево нейтральними. Тому в країнах ЄС намагаються сприяти інноваціям і підвищувати ресурсоефективність виробництва та розподілу продуктів на основі місцевої деревини. Цей крок стане важливим внеском у пом'якшення наслідків зміни клімату (Kaurpi et al., 2018).

Кліматична політика є головним пріоритетом, проте вона сама по собі не може диктувати, яким чином повинні використовуватись ліси. Остання оцінка МГЕЗК (IPCC, 2021) наголошує, що цілі кліматичної політики повинні ґрунтуватися на синергії з 17 Цілями сталого розвитку ООН. Чим більшою мірою заходи щодо пом'якшення наслідків зміни клімату в лісах відповідають іншим потребам, тим ширшою буде підтримка цих заходів (Kaurpi et al., 2018).

Концепція кліматично-орієнтованого лісівництва доволі часто дискутується в науковій літературі і стратегічних документах ЄС, однак її трактування залишається неоднозначним. Одні дослідники розглядають КОЛ як комплекс заходів, спрямованих на адаптацію лісів до мінливих кліматичних умов, інші – як стратегію з пом'якшення зміни клімату через здатність лісів поглинати й утримувати вуглець (Shephard et al., 2022). Третя група підходів включає соціальний вимір, підкреслюючи роль лісів у забезпеченні добробуту громад, створенні робочих місць та задоволенні рекреаційних потреб (Cooper, & MacFarlane, 2023). Аналогічно до попередньої, Лісова опікунська рада (Forest Stewardship Council, FSC) виділяє такі три ключові компоненти КОЛ: адаптацію лісів і лісового господарства до зміни клімату; пом'якшення кліматичного

впливу шляхом поглинання та зберігання вуглецю; врахування соціальних аспектів та конкретних результатів, включаючи захист прав місцевих громад і розвиток лісової економіки (Shephard et al., 2022).

Зміна клімату створює цілий спектр викликів та екологічних ризиків для функціонування лісових екосистем. Підвищення середньої температури та м'якші зими сприяють виживанню шкідливих комах, зокрема стовбурових. У Центральній Європі протягом останніх десятиліть спостерігається масове розмноження короїда-типографа (*Ips typographus*), яке призвело до загибелі сотень тисяч гектарів смерекових лісів (Cooper, & MacFarlane, 2023). Подібні загрози актуальні і для Українських Карпат, де ялинові монокультури особливо вразливі до кліматичних змін (Дебринюк, 2011; Чернявський та ін., 2006; Шпарик та ін., 2013).

У гірських районах Центральної та Східної Європи зміна режимів зволоження призводить до ерозії і ґрунтових зсувів. Деградовані ґрунти втрачають здатність до нагромадження органічної речовини, що знижує продуктивність лісів та їхню стійкість до кліматичних змін (IPCC, 2021). Наслідком цих процесів є ослаблення лісів та їхня здатність виконувати клімато-регулювальні функції.

За даними інших дослідників (Reyer et al., 2017; Seidl et al., 2017) «більш теплі та сухі умови особливо сприяють виникненню пожеж, посух та пошкоджень комахами, тоді як за більш теплого та вологого режиму збільшуються пошкодження лісів вітром, снігом та грибами-патогенами. Майбутні зміни щодо ушкоджень ймовірно будуть найбільш вираженими в хвойних лісах та бореальному біомі» (Seidl et al., 2017).

Різні ураження є часто пов'язані між собою. Наприклад, пошкодження, спричинені вітром і снігом, можуть збільшити шкоду від короїдів в ялини європейської, якщо вчасно не здійснити зрубів пошкоджених дерев. У 2018 р. в лісах Чеської Республіки заготовлено 15-20 млн м³ деревини, яка пошкоджена короїдами (EUWID, 2018), що становить середній річний обсяг заготівлі за останні роки (17 млн м³/рік). Значні порушення лісів Швеції були зумовлені штормом «Hudrun10» ще в 2005 р., який спричинив раптовий вітровал близько 75 млн м³ деревини. Результати порушень у таких масштабах призводять до зменшення поглинання вуглецю лісами та серйозно спотворюють ринок круглої деревини (Mitchell, 2013).

У ЄС площа лісів впродовж 1990-2024 рр. збільшилася приблизно на 9% (FOREST EUROPE, 2024). Хоча темпи цього зростання за

останні роки сповільнюються, загальне збільшення є результатом як природних процесів, так і активного лісорозведення. Кліматично-орієнтоване лісівництво може ще більше сприяти цим позитивним тенденціям. З огляду на успіх в ЄС, досвід і приклади з практики дають можливість здійснити пілотні випробування щодо того, як змінити тенденції зрубування і деградації лісів у тропіках та інших регіонах. Зростання площі та запасів деревини у лісах можна було б ще більше збільшити шляхом подальшого вдосконалення лісового господарства в умовах поступової зміни клімату, що сприяло б зростанню обсягів заготівлі без зменшення поточного обсягу запасів (Heinonen et al., 2018a, 2018b). Водночас потрібно сприяти підвищенню точності та ефективності використання ресурсів у деревообробній промисловості та переробці відходів, що ще більше сприятиме досягненню цілей щодо пом'якшення наслідків зміни клімату.

В Іспанії, наприклад, площа лісів і запаси деревини за останні десятиліття значно зросли, а в Португалії, Греції та Італії впродовж останніх двадцяти років площа згорілих лісів зросла в декілька разів. Потепління клімату є ключовим чинником у збільшенні тривалості посушливих періодів. Тому зменшення щільності та площі лісів шляхом створення оптимізованих мозаїчних ландшафтів (Gonzalez-Olabarria, & Pukkala, 2011) є надзвичайно важливим аспектом для контролю з попередження виникнення лісових пожеж на великих площах, а отже, стає елементом кліматично-орієнтованого лісівництва. Утримання цих ландшафтів має базуватися на ринкових конкурентоспроможних продуктах та ланцюгах створення вартості, що відповідають підходам циркулярної біоекономіки (Hetemäki et al., 2017). Платанції трюфелів, коркові ліси або використання м'яких порід деревини для виробництва крос-ламінованої деревини можуть бути добрим прикладом досягнення цієї мети. Належне впровадження кліматично-орієнтованого лісівництва також може покращити надання таких послуг, як біорізноманіття, рекреація або водопостачання (Ameztegui et al., 2017). Тому за умови правильного впровадження кліматично-орієнтованого лісівництва можна покращити як послуги, пов'язані з деревною продукцією, так і послуги з недеревною продукцією та біорізноманіттям.

Кліматично-орієнтоване лісівництво має на меті вирішити проблему порушення лісового середовища та підвищити стійкість лісів ЄС, а отже, забезпечити надійний та передбачуваний внесок у пом'якшення наслідків зміни клімату. Можливі заходи в рамках КОЛ включають використання більш пристосованих до зміни клімату (кліматична мінімальність, екстремальні спека та посуха) деревних

видів (генотипів) та їх сумішей (Jactel et al., 2017), а також більш часте та інтенсивне проріджування та, за необхідності, скорочення тривалості ротації (Jactel et al., 2009). КОЛ передбачає трансформацію в традиційній практиці ведення лісового господарства. Однак такі перетворення неминуче породжують конфлікти між різними цілями та зацікавленими сторонами (García, & Casero, 2011).

Для успішної реалізації концепції КОЛ потрібен моніторинг (зростання чи спадання) абіотичних і біотичних ризиків для лісів у лісовому господарстві та лісозаготівлі, щоб належним чином адаптуватися до зміни клімату. Залежно від регіону та часового проміжку, потрібні різні стратегії управління ризиками. Тому відповідь «заготівля чи збереження» є недостатньою. Кліматично-орієнтоване лісівництво може надати для кожного регіону конкретні і часто оновлювані відповіді на питання: скільки, коли і де заготовляти та скільки, коли і де зберігати? А універсальна відповідь «ніколи не заготовляти» є просто неправильно (Kauppi et al., 2018).

Лісова галузь у багатьох країнах Європи має важливе значення для економіки через постачання будівельної деревини, сировини для паперової промисловості та біоенергетики. Водночас екологічні пріоритети вимагають зменшення суцільних рубок і переходу до вибіркового або наближеного до природи лісівництва. Такий підхід передбачає короткострокові економічні втрати, які часто викликають опір у бізнес-середовищі (Himes et al., 2024). При цьому, лісова галузь зацікавлена у збільшенні заготівлі деревини, а суспільство надає перевагу природоохоронним і рекреаційним послугам. У країнах Західної Європи це питання врегульовують через механізми участі громадськості, але в Україні такі практики лише починають формуватися (Волковська, Дубовіч, 2025).

Одним із варіантів пом'якшення наслідків зміни клімату є пропозиція КОЛ реалізувати «устійкий спосіб» деревину з метою фінансування трансформації вразливих до порушень лісів на стійкі до кліматичних змін нові за складом та структурою ліси (Yousefpour et al., 2018). Тобто ключовою метою КОЛ є адаптація лісів та відповідно лісогосподарських заходів до поступових змін клімату.

У 1970-х роках роль лісів у пом'якшенні наслідків зміни клімату практично не обговорювали. Наразі пом'якшення наслідків зміни клімату є безперечним пріоритетом екологічної політики, пов'язаної з лісами. Тому в європейській лісовій політиці належний баланс різних екосистемних послуг залишається серйозним викликом для управління. Поняття «екосистемні послуги» та «внесок природи в життя людини» підвищили

оцінку багатогранної цінності природи. Завдяки цим новим поняттям, люди починають помічати речі та аспекти, про які не думали б без такого систематичного відображення цінностей та уявлень. Цей підхід допоможе у формуванні та впровадженні кліматично-орієнтованого лісівництва. За його реалізації «природа сприймається і цінується по-різному, а іноді навіть суперечливо». Нерозумно використовувати ліси лише для однієї мети, навіть якщо вона є такою важливою, як пом'якшення наслідків зміни клімату. Цілі щодо пом'якшення наслідків зміни клімату найкраще досягаються за допомогою збалансованого поєднання послуг лісових екосистем (Kauppi et al., 2018; Šebeň, 2021).

На думку європейських дослідників, кліматично-орієнтоване лісівництво, яке застосовує підхід екосистемних послуг і тим самим визнає підтримуючі, постачальні, регулюючі та культурні послуги лісових екосистем, є найкращим підходом для сприяння пом'якшенню наслідків зміни клімату. КОЛ зберігає вуглець у лісах і деревних продуктах, замінює сировину, енергію та продукти на основі викопного палива, сприяє зростанню лісів і робить їх стійкішими до зміни клімату. Такий підхід може допомогти зменшити викиди CO₂ в країнах ЄС на 20% до 2050 року (Nabuurs et al., 2017).

Для багатьох сільських громад ліс є не лише екологічним ресурсом, але й економічною основою існування. Впровадження нових підходів може впливати на традиційні види діяльності (заготівлю дров, випасання худоби, збирання недержавних продуктів). Без належної компенсації або альтернативних рішень виникатимуть соціальні напруження (Zhyla et al., 2018).

ЄС демонструє системний підхід до КОЛ, інтегруючи його у відповідні стратегічні документи. Приклади країн ЄС свідчать, що ефективна реалізація КОЛ можлива лише за умови поєднання законодавчих механізмів (чіткі цілі поглинання вуглецю, збереження біорізноманіття), фінансових інструментів (фонди, субсидії, компенсації для власників лісів), наукового супроводу (моніторинг, кліматичне моделювання, генетичні дослідження) та участі громадськості (партисипативні моделі управління). Багато країн Європи демонструють різні акценти для впровадження КОЛ: від фінансування стійких практик і створення експериментальних мереж – до широкого використання кліматичних моделей і цифрових технологій. Усі ці підходи є системними та довгоперспективними, а досвід показує, що успіх можливий лише за умови комплексного підходу, інтеграції науки, політики й економіки (Волковська & Дубовіч, 2025).

ЄС є світовим лідером у формуванні політики з адаптації лісів до зміни клімату та використання їхнього потенціалу для скорочення

викидів парникових газів. Центральне місце тут посідає Європейський Зелений курс (2020) (European Green Deal), який визначає досягнення кліматичної нейтральності до 2050 р. як ключову мету розвитку. У межах цього курсу ухвалено низку стратегічних документів, безпосередньо пов'язаних із лісами: Стратегію біорізноманіття ЄС до 2030 року, яка передбачає збільшення площі заповідних територій і підвищення стійкості лісів; Стратегію ЄС щодо лісів до 2030 року, спрямовану на інтеграцію принципів КОЛ у всі рівні управління; Регламент LULUCF (землекористування, зміни землекористування та лісове господарство), який встановлює обов'язкові національні цілі з поглинання вуглецю. Згідно з LULUCF, до 2030 р. ліси та інші землекористування в ЄС мають забезпечити поглинання щонайменше 310 млн т CO₂-еквіваленту на рік (Ivaniuta, & Yakushenko, 2022). Це означає не лише збереження існуючих лісів, але й інтенсивне їх відновлення та підвищення продуктивності. Таким чином, на рівні ЄС КОЛ розглядають як системну політику, що поєднує екологічні, кліматичні та соціально-економічні аспекти.

У Німеччині, наприклад, кліматично-орієнтоване лісівництво реалізують через Національну лісову стратегію «Ліси 2050» та нещодавно створеного Лісового кліматичного фонду. Фонд фінансує проекти з підвищення стійкості лісів, підтримки природного поновлення, створення мішаних насаджень та досліджень кліматичного впливу на ліси (FAO, 2021). Ідея німецької моделі КОЛ ґрунтується на багатофункціональному використанні лісів через рівночасне отримання деревини, охорону біорізноманіття та підтримання рекреаційних послуг. Значну увагу приділяють залученню приватних власників лісів, які отримують фінансові стимули для переходу на стійкі практики ведення лісового господарства.

У Нідерландах заплановано низку пілотних проектів з кліматично-орієнтованого лісівництва, на які виділено 2 млн євро. Їхня мета полягає у досягненні додаткового поглинання 1,5 млн т CO₂ на рік до 2030 року, включаючи ланцюг переробки деревини. Пілотні проекти є першим важливим кроком на шляху до реалізації, випробування, моніторингу та наповнення інструментарію управління кліматом пілотним досвідом, що створить основу для масштабніших заходів у наступні роки. Ці проекти спрямовані на відновлення лісів за допомогою нових деревних видів, створення невеликих за площею лісонасаджень, агролісомеліорацію, формування нових заповідних територій, нових комбінацій лісів із водосховищами, будівництво з використанням деревних матеріалів та біомаси живоплотів тощо (Kauppi et al., 2018).

У Франції реалізують Національну програму лісів і деревини (PNFB 2016-2026), яка інтегрує принципи КОЛ в регіональні плани розвитку. Особливістю французької моделі є створення експериментальних ділянок мережі RENECOFOR, на яких ведеться довгостроковий моніторинг стану лісів та спостереження за їхньою реакцією на кліматичні зміни. Ці дані використовують для адаптації практик ведення лісового господарства на національному рівні. Французький досвід демонструє, що без науково обґрунтованої системи спостережень впровадження КОЛу практику є неможливим (Волковська & Дубовіч, 2025).

У Польщі понад 80% лісів управляється Державним підприємством «Łasy Państwowe», яке інтегрувало КОЛ в Національну стратегію адаптації до зміни клімату. Ця модель характеризується масштабними програмами відновлення деградованих лісів і створення нових насаджень, зокрема в рамках ініціативи «Громадські ліси» (Wysocka-Fijorek, Gołos, & Janeczko, 2022). У Польщі також активно застосовують моделювання кліматичних сценаріїв для прогнозу майбутнього стану лісів, яке використовують під час планування лісовідновлювальних заходів, відбору деревних видів та розробленні довгострокових стратегій управління.

У Балтійських країнах активно впроваджують кліматичні сценарії в планування ведення лісового господарства. Зокрема у Латвії діє державна програма моніторингу вуглецевого балансу лісів, яка дає змогу відстежувати їхній внесок в національні кліматичні цілі (*Increasing the resilience...*, 2024). Балтійський досвід цінний тим, що країни з відносно невеликими площами лісів демонструють можливість точної інтеграції науки в управління.

Урядом Фінляндії розроблено Національну кліматичну програму для лісового сектору, яка включає фінансування досліджень, підтримку малих власників лісів і розвиток біоенергетики (Heiskanen, 2020). У країнах Скандинавії існують давні традиції наближеного до природи лісівництва, яке органічно інтегрується в концепцію КОЛ. У цих країнах активно застосовують моделі багатофункціонального управління, які враховують промислові інтереси та збереження біорізноманіття.

У наукових колах активно обговорюють питання пріоритетності досягнення цілей впровадження КОЛ – адаптації до змін клімату, пом'якшення від цих змін чи забезпеченні добробуту і розвитку лісової промисловості. На думку низки науковців, потрібно зосереджуватись саме на адаптації лісів, тому що без їхнього виживання всі інші цілі втрачають сенс (Nabuurs

et al., 2017). Інші дослідники вважають, що КОЛ має стати ключовим інструментом у досягненні кліматичної нейтральності, тобто головна функція лісів полягає у поглинанні вуглекислого газу (Asfaw et al., 2010).

Ключовим підходом для реалізації КОЛ у багатьох європейських країнах є запровадження наближеного до природи лісівництва, суть якого полягає у вибірковій системі господарювання. За такої системи формуються продуктивні та життєздатні різновікові ліси з складною просторовою структурою. Такі деревостани мають природне походження, є більш генетично диверсифікованими та відповідно стійкішими до кліматичних змін. Перехід суцільнолісосічної системи господарювання до наближеної до природи може зменшити короткострокові доходи, але дає змогу підвищити довгострокову стійкість лісових екосистем до кліматичних змін. Приклади Німеччини та Скандинавії свідчать, що економічні втрати можна компенсувати через такі фінансові інструменти, як державні фонди та субсидії (FAO, 2021). Важливу роль в просуванні концепції «Close to Nature Forest Management», на якій ідейно ґрунтується КОЛ, відіграють міжнародні організації, зокрема PRO SILVA (n.d.). У багатьох країнах Європи ця організація активно впливає на розроблення стратегій і стандартів ведення лісового господарства.

Український контекст проблеми та перспективи впровадження кліматично-орієнтованого лісівництва. В Україні проблематика кліматично-орієнтованого лісівництва має декілька специфічних аспектів. Низький рівень лісистості (близько 16% території) суттєво обмежує можливості країни в досягненні кліматичних цілей через лісовий сектор. Для прикладу, у країнах ЄС середній показник вкритих лісовою рослинністю земель перевищує 40%. Значна частка лісів є штучно створеними (соснові та ялинові монокультури). Вони є менш стійкими до зміни клімату порівняно з природними різновіковими лісами, що підвищує ризики всихання та ураження шкідниками (Національна доповідь..., 2018). До того ж військові дії у прифронтовій зоні суттєво вплинули на клімат та виробництво екосистемних послуг через пошкодження лісів, ландшафтні пожежі та викиди газів в атмосферу (Zibtsev et al., 2024). Тисячі гектарів знищено пожежами, вибухами та вирубками для військових потреб. Відновлення таких територій вимагатиме величезних зусиль і ресурсів, а кліматичні чинники лише ускладнюватимуть цей процес (Кузик, Товарянський, 2023).

Українське законодавство лише частково інтегрує принципи КОЛ. Хоча ухвалено Стратегію управління лісами до 2035 р., де задекларовано

необхідність адаптації лісів до кліматичних змін, практична імплементація залишається фрагментарною. Бракує фінансових інструментів, які б стимулювали надлісництва до переходу на нові практики управління, а також дієвої системи моніторингу кліматичних ризиків (Державна стратегія управління лісами..., 2021). Таким чином, проблематика кліматично-орієнтованого лісівництва полягає не лише у кліматичних загрозах, але й у концептуальній невизначеності, соціально-економічних конфліктах та недостатній інституційній базі.

У лісовій політиці України вже започатковано процеси впровадження принципів КОЛ. Наприклад, однією з цілей і напрямків реалізації Державної стратегії управління лісами до 2035 року є забезпечення стійкості лісів до зміни клімату шляхом адаптації та переходу до наближених до природи методів лісівництва. Цей документ є надзвичайно важливим для вирішення проблем лісового сектору та забезпечення сталого розвитку лісів. У цьому документі йдеться також про необхідність збереження генетичного різноманіття та використання кліматичних моделей для прогнозування стану лісів.

Ще одним важливим документом, який сприятиме втіленню КОЛ, є нещодавно прийнята Стратегія з переходу до наближеного до природи лісівництва, яка передбачає, що з 2030 р. наближене до природи лісівництво застосовуватиметься на 20% площі українських лісів. Одним серед основних

напрямів реалізації цієї стратегії є адаптація системи ведення лісового господарства до природно-кліматичних умов кожного лісорослинного регіону.

Важливим для впровадження КОЛ в Україні стане процес євроінтеграції, адже адаптація українського лісового законодавства до норм ЄС відкриє доступ до фінансування та інноваційних практик (Лісна, 2024). Ефективність кліматично-орієнтованого лісівництва безпосередньо залежить від наукового супроводу. Необхідно розвивати довгострокові дослідження, кліматичне моделювання, генетичний моніторинг деревних порід. У цьому контексті важливо інтегрувати українські наукові інститути в європейські мережі, зокрема ICP Forests. Це сприятиме гармонізації методик оцінювання стану лісів, обміну даними та розвитку системи довготривалих спостережень.

Не менш значущою для впровадження принципів КОЛ є роль місцевих громад, які мають прямий інтерес у збереженні лісів, адже це впливає на якість життя, рекреаційний потенціал і місцеву економіку. Європейський досвід підтверджує, що участь громад у прийнятті рішень щодо ведення лісового господарства підвищує ефективність реалізації КОЛ (Lawrence et al., 2021).

На основі вивчення міжнародних та вітчизняних правових документів, висновків звітів за науковими проектами, аналізу наукових статей, монографій та інших джерел нами запропонована концептуальна схема КОЛ. Ця схема ґрунтується на ключових принципах-індикаторах та напрямках їх реалізації (рис.).



Рис. 1. Концептуальна схема ключових аспектів кліматично-орієнтованого лісівництва

Fig. 1. A conceptual framework of the key components of climate-oriented forestry

Водночас, в Україні існують суттєві перешкоди щодо впровадження стратегії КОЛ. Це передусім відсутність системних фінансових механізмів для стимулювання надлісництв, недостатня інтеграція науки в практику управління та слабкий розвиток участі громадськості у прийнятті рішень.

Висновки (Conclusions).

1. Кліматично-орієнтоване лісівництво є новітньою концепцією, яка передбачає переосмислення ролі лісів у суспільстві та економіці, де ліси розглядають не лише як джерело деревини, але й як багатофункціональні екосистеми, що забезпечують

кліматичну, екологічну та соціальну стабільність регіонів і громад. Поява концепції, як нового підходу до управління лісами, є відповіддю на комплексні виклики, зумовлені зміною клімату та соціально-економічними трансформаціями.

2. Україна перебуває на початковому етапі інтеграції КОЛ у лісову політику. Прийнята Державна стратегія управління лісами до 2035 р. формально закріплює необхідність адаптації лісів і збереження їхнього біорізноманіття. Проте практична імплементація потребує додаткових ресурсів, інституційної підтримки та гармонізації із законодавством ЄС. Особливо актуальними є зменшення залежності від монокультурних насаджень і розвиток природного поновлення; відновлення лісів після військових руйнувань, що вимагає поєднання кліматичних та екологічних підходів; запровадження фінансових механізмів для стимулювання сталих практик; поглиблення наукових досліджень та їх інтеграція в європейські наукові мережі.

3. Для України впровадження КОЛ стане важливим кроком не лише для досягнення кліматичних цілей, але й для інтеграції в європейський простір. Тому кліматично-орієнтоване лісівництво потрібно розглядати як основу нового бачення лісової політики, що поєднає екологічну безпеку, економічну ефективність та соціальну відповідальність у контексті глобальної кліматичної кризи.

Конфлікт інтересів (Conflicts of Interest).

Автори заявляють про відсутність у них відомих конкуруючих фінансових інтересів чи особистих зв'язків, які могли б вплинути на результати, представлені у цій статті.

Список літератури (References)

- Ameztegui, A., Cabon, A., De Cáceres, M., & Coll, L. (2017). Managing stand density to enhance the adaptability of Scots pine stands to climate change: A modelling approach. *Ecological Modelling*, 356, 141–150.
- Asfaw, S., Arslan, A., Chomo, V., Cluset, R., Dubois, O., Faurès, J. M., ... Walker, C. (2010). Introducing climate-smart agriculture. *Climate-Smart Agriculture Sourcebook* (Module 1). Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/climate-smart-agriculture-sourcebook/concept/module-a1-introducing-csa/a1-overview/en/?type=111>
- Cherniavskiy, M. V., Shvitter, R., Kovalyshyn, R. V., Uhryn, A. I., Fennych, V. S., Kornienko, V. P., Zvarych, V. I., & Korzhov, V. L. (2006). *Close to nature forestry in the Ukrainian Carpathians*. LA Pираміда.
- [Чернявський, М. В., Швіттер, Р., Ковалишин, Р. В., Угрин, А. І., Феннич, В. С., Корнієнко, В. П., Зварич, В. І., Коржов, В. Л. (2006). *Наближене до природи лісівництво в Українських Карпатах*. Львів: Піраміда. 88 с.] (in Ukrainian)
- Cooper, L., & MacFarlane, D. (2023). Climate-smart forestry: Promise and risks for forests, society, and climate. *PLOS Climate*, 2(6), e0000212. <https://doi.org/10.1371/journal.pclm.0000305>
- Debryniuk, Iu. M. (2011). Drying-out of spruce forests: Causes and consequences. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University "Urbanization Processes in Mountain Landscapes and Ways of Their Regulation"*, 21(16), 32–38. nv.nltu.edu.ua/Archive/2011/21_16/index.htm
- [Дебрінюк, Ю. М. (2011). Всихання смерекових лісів: причини та наслідки. *Науковий вісник НЛТУ України «Процеси урбанізації в гірських ландшафтах та шляхи їх регулювання»*, 21(16), 32–38.] (in Ukrainian)
- EUWID. (2018). Czech Republic expects up to 20m m³ of beetle wood in 2018. <https://www.euwidwoodproducts.com/news/round-woodsawnwood/single/Artikel/czech-republic-expects-up-to20mm3-of-beetle-wood-in-2018.html>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2021). *Forest strategy 2050, Germany*. <https://faolex.fao.org/docs/pdf/ger211524.pdf>
- FOREST EUROPE. (2024). *Implementation of the FOREST EUROPE commitments: National and pan-European actions 2021–2024*. <https://foresteurope.org/wp-content/uploads/2024/09/9MC-Implementation-Report.pdf>
- García, J. M., & Casero, J. D. (2011). *Sustainable forest management: An introduction and overview*. https://www.researchgate.net/publication/230710275_Sustainable_Forest_Management_An_Introduction_and_Overview#fullTextFileContent
- González-Olabarria, J. R., & Pukkala, T. (2011). Integrating fire risk considerations in landscape-level forest planning. *Forest Ecology and Management*, 261, 278–297. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.10.017>
- Heinonen, T., Pukkala, T., Asikainen, A., & Peltola, H. (2018a). Scenario analyses on the effects of fertilization, improved regeneration material, and ditch network maintenance on timber production of Finnish forests. *European Journal of Forest Research*, 137, 93–107. <https://doi.org/10.1007/s10342-017-1093-9>
- Heinonen, T., Pukkala, T., Kellomäki, S., Strandman, H., Asikainen, A., Venäläinen, A., & Peltola, H. (2018b). Effects of forest management and harvesting intensity on the timber supply from Finnish forests in a changing climate. *Canadian Journal of Forest Research*, 48, 1–11. <https://doi.org/10.1139/cjfr.2018.0118>
- Heiskanen, M., Bergström, I., Kosenius, A. K., Laakso, T., Lindholm, T., Mattsson, T., &

- Peltoniemi, M. (2020). *Subsidies for Finnish forest management and their impact on climate, water, and biodiversity: A review of subsidies according to the Sustainable Forestry Act (Kemera Act)* (Luke Luobio Report 27). Natural Resources Institute Finland (Luke). <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-953-8>
- Hetemäki, L., Hanewinkel, M., Muys, B., Ollikainen, M., Palahí, M., & Trasobares, A. (2017). *Leading the way to a European circular bioeconomy strategy* (From Science to Policy No. 5). European Forest Institute. <https://doi.org/10.36333/fs05>
- Himes, A., Hayes, P., Jansens, J. W., Patterson, C., Singer, J., & Evans, Z. (2024). Forest Stewards Guild position on climate-smart forestry. *Forests Monitor*, 1(1), 1–15. doi.org/10.62320/fm.v1.i1.3
- Increasing the resilience of forest stands to climate change: The experience of Latvia. (2024). *Forest Industry Bulletin*. <https://bulletin.com.ua/europa/pidvyshhennya-stijkosti-lisovyyh-nasadzhen-do-zminy-klimatu-dosvid-latviyi/> [Підвищення стійкості лісових насаджень до зміни клімату: досвід Латвії. (2024). *Вісник лісової промисловості*.] (in Ukrainian)
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2021). *Climate change 2021: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009157896>
- Jactel, H., Bauhus, J., Boberg, J., Bonal, D., Castagneyrol, B., Gardiner, B., ... Brouckhoff, E. G. (2017). Tree diversity drives forest stand resistance to natural disturbances. *Current Forestry Reports*, 3(3), 223–243. <https://doi.org/10.1007/s40725-017-0064-1>
- Jactel, H., Nicoll, B. C., Branco, M., González-Olabarria, J. R., Grodzki, W., Långström, B., ... Vodde, F. (2009). The influences of forest stand management on biotic and abiotic risks of damage. *Annals of Forest Science*, 66(7), Article 701. <https://doi.org/10.1051/forest/2009054>
- Kauppi, P., Hanewinkel, M., Lundmark, T., Nabuurs, G. J., Peltola, H., Trasobares, A., & Hetemäki, L. (2018). *Climate smart forestry in Europe*. European Forest Institute.
- Kuzyk, A. D., & Tovaryansky, V. I. (2023). The impact of military operations on forest ecosystems of Ukraine and their post-war restoration. *Bulletin of the Lviv State University of Life Safety*, 27, 16–22. <https://doi.org/10.32447/20784643.27.2023.02> [Кузик, А. Д., Товарянський, В. І. (2023). Вплив воєнних дій на лісові екосистеми України та їх післявоєнне відновлення. *Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності*, 27, 16–22.] (in Ukrainian)
- Lawrence, A., Gatto, P., Bogataj, N., & Lidestav, G. (2021). Forests in common: Learning from diversity of community forest arrangements in Europe. *Ambio*, 50(2), 448–464. <https://doi.org/10.1007/s13280-020-01377-x>
- Lisna, I. S. (2024). Implementation of European legal norms in the legislation of Ukraine. *Actual Problems of Law: Theory and Practice*, 48, 152–163. <https://doi.org/10.33216/2218-5461/2024-48-2-152-163> [Лісна, І. С. (2024). Імплементация європейських правових норм у законодавство України. *Актуальні проблеми права: теорія і практика*, 48, 152–163.] (in Ukrainian)
- Mitchell, S. J. (2013). Wind as a natural disturbance agent in forests: A synthesis. *Forestry*, 86(2), 147–157. <https://doi.org/10.1093/forestry/cps058>
- Nabuurs, G. J., Delacote, P., Ellison, D., Hanewinkel, M., Hetemäki, L., & Lindner, M. (2017). By 2050 the mitigation effects of EU forests could nearly double through climate smart forestry. *Forests*, 8(12), 484. <https://doi.org/10.3390/f8120484>
- National report on the state of the environment in Ukraine in 2017. (2018). Ministry of Ecology and Natural Resources of Ukraine. <https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2022/10/Natsionalna-dopovid-prostan-navkolyshnogo-prirodnogo-seredovyssha-v-Ukrayini-u-2017-rotsi.pdf> [Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2017 році. (2018). Київ: Міністерство екології та природних ресурсів України.] (in Ukrainian)
- PRO SILVA. (2025). *PRO SILVA strategy for 2030+: Close-to-nature forestry*. prosilvaireland.com/wp-content/uploads/2025/07/Pro_Silva_Strategy2030.pdf
- Resource and Analysis Center “Society and Environment”. (2020). *European Green Deal: Opportunities and threats for Ukraine* [Analytical document]. <https://dixigroup.org/analytic/ievropejskyj-zelenyj-kurs-mozhlyvosti-ta> [Ресурсно-аналітичний центр «Суспільство і довкілля». (2020). *Європейський зелений курс: можливості та загрози для України*. Аналітичний документ.] (in Ukrainian)
- Reyer, C. P. O., Bathgate, S., Blennow, K., Borges, J. G., Bugmann, H., Delzon, S., ... Zimmermann, N. E. (2017). Are forest disturbances amplifying or cancelling out climate change induced productivity changes in European forests? *Environmental Research Letters*, 12(3), 034027. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa5ef1>
- Seidl, R., Thom, D., Kautz, M., Martin-Benito, D., Peltoniemi, M., Vacchiano, G., Wild, J., Ascoli, D., Petr, M., Honkaniemi, J., Lexer, M. J., Trotsiuk, V., Mairota, P., Svoboda, M., Fabrika, M., Nagel, T. A.,

- & Reyer, C. P. O. (2017). Forest disturbances under climate change. *Nature Climate Change*, 7(6), 395–402. <https://doi.org/10.1038/nclimate3303>
- Shephard, N. T., Narine, L., Peng, Y., & Maggard, A. (2022). Climate smart forestry in the Southern United States. *Forests*, 13(9), 1460. <https://doi.org/10.3390/f13091460>
- Shparyk, Yu. S., Parpan, T. V., Slobodian, P. Ya., Savchyn, T. I., & Bunii, V. Ya. (2013). Spruce decline on the north-eastern megaslope of the Ukrainian Carpathians. *Scientific Bulletin of the National Forestry University of Ukraine*, 23(5), 141–147. nltu.edu.ua/nv/Archive/2013/23_5/141_Szp.pdf [Шпарик, Ю. С., Парпан, Т. В., Слободян, П. Я., Савчин, Т. І., & Буній, В. Я. (2013). Всихання ялиників на північно-східному мегасхилі Українських Карпат. *Науковий вісник НЛТУ України*, 23(5), 141–147.] (in Ukrainian)
- Shvediuk, J. (2024). Implementation of the climate smart forestry approach in the forestry decision making. In *Forestry education and science: Current challenges and development prospects* (International science practical conference, October 23–25, 2024, Lviv, Ukraine). doi.org/10.36930/conf150.4.10
- State forest management strategy of Ukraine up to 2035. (2021). Approved by the order of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated December 29, 2021 No. 1777-p. <https://www.kmu.gov.ua/npas/proshvalennya-derzhavnoyi-strategiy-a1777r> [Державна стратегія управління лісами України до 2035 року. (2021). Схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 29 грудня 2021 р. № 1777-п.] (in Ukrainian)
- Šebeň, V. (2021). *Proven practices in the management and protection of forest stands affected by climate change*. Národné lesnícke centrum. [Šebeň, V. (2021). *Osvedčené postupy v oblasti starostlivosti a ochrany lesných porastov ovplyvnených dopadmi zmeny klímy*. Zvolen: Národné lesnícke centrum. 60 s.] (in Slovak)
- Volkovska, Yu., & Dubovich, I. (2025). Sustainable forest management under climate change conditions: Experience of EU member states. *Sustainable Development of Economy*, 4(51), 403–408. doi.org/10.32782/2308-1988/2024-51-56 [Волковська, Ю., Дубовіч, І. (2025). Стале ведення лісового господарства в умовах зміни клімату: досвід країн-членів ЄС. *Сталий розвиток економіки*, 4(51), 403–408.] (in Ukrainian)
- Wysocka Fijorek, E., Gołos, P., & Janeczko, K. (2022). Between biodiversity conservation and the supply for broadleaved wood: A case study of State Forests National Forest Holding (Poland). *Forests*, 13(3), 438. <https://doi.org/10.3390/f13030438>
- Yousefpour, R., Augustynczyk, A. L. D., Reyer, C. P., Lasch-Born, P., Suckow, F., & Hanewinkel, M. (2018). Realizing mitigation efficiency of European commercial forests by climate smart forestry. *Scientific Reports*, 8(1), 345. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-18778-w>
- Zhyla, T., Soloviy, I., Zhyla, A., & Volosyanchuk, R. (2018). Mountain communities' households dependency on provisioning forest ecosystem services: The case of Ukrainian Carpathians. *Bulletin of the Transilvania University of Brasov. Series II: Forestry, Wood Industry, Agricultural Food Engineering*, 11(2), 63–80. https://webbut.unitbv.ro/index.php/Series_II/article/view/690/624
- Zibtsev, S., Pasternak, V., Vasylyshyn, V., Myroniuk, V., Sydorenko, S., & Soshenskyi, O. (2024). Assessment of carbon emissions due to landscape fires in Ukraine during war in 2022. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*, 15(1), 126–139. <https://doi.org/10.31548/forest/1.2024.126>

Climate-oriented forestry as a conceptually new approach to forest management

T. Parpan¹, Ya. Kyrylenko², O. Tkachuk³, N. Prykhodko⁴

The forest sector is one of the industries that is significantly affected by the consequences of climate

change, which poses a wide range of serious challenges to forest management. The most significant

¹ Taras Parpan – Corresponding Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, PhD in Biological Sciences, Leading Researcher, the P.S. Pasternak Ukrainian Research Institute of Mountain Forestry, 31 Hrushevsky St., Ivano-Frankivsk, 76018, Ukraine. E-mail: tarasparpan@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8459-0479>

² Yaroslav Kyrylenko – Junior Researcher, Laboratory of Ecology and Forest Protection, the P.S. Pasternak Ukrainian Research Institute of Mountain Forestry, 31 Hrushevsky St., Ivano-Frankivsk, 76018, Ukraine. E-mail: yaroslav.kyrylenko5@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2665-3969>

³ Oksana Tkachuk – PhD in Agricultural Sciences, Senior Researcher at the Laboratory of Ecology and Forest Protection, the P.S. Pasternak Ukrainian Research Institute of Mountain Forestry, 31 Hrushevsky St., Ivano-Frankivsk, 76018, Ukraine. E-mail: tkachyk.oksana1988@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7569-0523>

⁴ Nina Prykhodko – Researcher, Laboratory of Ecology and Forest Protection, the P.S. Pasternak Ukrainian Research Institute of Mountain Forestry, 31 Hrushevsky St., Ivano-Frankivsk, 76018, Ukraine. E-mail: nina.pryxodko@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1393-207X>

problems include forest degradation and the increasing frequency and intensity of damaging factors. Therefore, forest protection is becoming increasingly important, and changes in forest management practices can substantially affect the extent of damage to forests caused by adverse factors. Forests will face numerous challenges in the future in meeting societal demands. In view of potential risks and existing disturbance factors, future forest stands should be as diverse as possible, being composed of different tree species and characterized by heterogeneous age and spatial structures. The latest comprehensive assessment reports of the Intergovernmental Panel on Climate Change, published between 2021 and 2023, emphasize the need for urgent and effective measures to mitigate the impacts of climate change. In addition, a key practical task is the development of measures to adapt forests to changing climatic conditions. These measures should be aimed not only at forest conservation, protection, and improvement under altered environmental conditions, but also at enhancing the role of forests in mitigating the adverse effects of climate change. The more effectively forest-based climate change mitigation measures address the diverse needs of society, the broader support from citizens and policymakers they will receive for their implementation.

Therefore, the development of a concept of climate-oriented (climate-smart) forestry based on the ecosystem services approach-recognizing the supporting, provisioning, regulating, and cultural services of forest ecosystems-represents an effective pathway for promoting climate change mitigation. The emergence of this concept as a new approach to forest management is a response to the complex chal-

lenges arising from climate change and socio-economic transformations. The climate-oriented forestry is founded on three main objectives: reducing greenhouse gas emissions into the atmosphere; enhancing forest adaptation and resilience to climate change while ensuring the provision of ecosystem services; and sustainably increasing forest productivity and economic prosperity.

Ukraine is currently at an early stage of integrating climate-oriented forestry into its forest policy. The adopted State Forest Management Strategy of Ukraine up to 2035 formally establishes the need for forest adaptation and biodiversity conservation. However, effective implementation requires additional resources, institutional support, and harmonization with EU legislation. Particularly important priorities include reducing dependence on monocultural plantations and promoting natural regeneration; restoring forests damaged by military activities through the integration of climatic and eco-friendly approaches; introducing financial mechanisms to encourage sustainable forest management practices; and intensifying scientific research and its integration into European research networks.

For Ukraine, the implementation of this strategy represents an important step towards achieving climate goals and advancing integration with the European Union. Consequently, climate-oriented forestry should be regarded as the basis for a new vision of forest policy that integrates environmental, economic, and social components in the context of the global climate crisis.

Key words: climate change; EU countries; new approaches to climate-oriented forestry.



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

<http://fasu.nltu.edu.ua>
<https://doi.org/10.36930/412528>
Article received 2025.08.06
Article revised 2025.11.27
Article accepted 2025.12.18
Article published 2026.03.13

ISSN 1991-606X print
ISSN 2616-5015 online
@ ✉ Correspondence author
Vasyl Polyak
v_v_simpol@ukr.net
103 General Chuprynka St.,
Lviv, 79057, Ukraine

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 (CC BY 4.0) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)



УДК 630*524.61

Структура лісового фонду Буковинського низькогір'я та середньогір'я Покутсько-Буковинських Карпат

В.В. Поляк¹

На території Покутсько-Буковинських Карпат лісогосподарську та природоохоронну діяльність здійснюють 37 лісництв і п'ять природоохоронних науково-дослідних відділень. З урахуванням різної висоти над рівнем моря, специфіки рельєфу і складу лісової рослинності, на території підобласті приналежність лісового фонду до лісогосподарських одиниць охарактеризовано окремо за двома підрайонами – Буковинського низькогір'я та Буковинського середньогір'я.

У загальній площі вкритих лісовою рослинністю ділянок Покутських Карпат підрайони Покутського середньогір'я та низькогір'я посідають подібну площу – 19,7 та 22,7 тис. га відповідно. У Буковинських Карпатах середньогірня частина земель лісогосподарського призначення (45,7 тис. га) є децю більшою, ніж низькогірна (39,8 тис. га).

Площа вкритих лісовою рослинністю ділянок Буковинського низькогір'я і середньогір'я становить 78,6, не вкритих лісовою рослинністю ділянок – 5,4, нелісових земель – 1,5, земель лісогосподарського призначення – 85,5 тис. га.

Площа вкритих і не вкритих лісовою рослинністю ділянок підобласті Покутсько-Буковинські Карпати становить, відповідно, 120,9 та 7,4 тис. га, площа нелісових земель – 1,9 тис. га. Загальна площа земель лісогосподарського призначення підобласті становить 130,2 тис. га.

¹ Науковий керівник – доктор сільськогосподарських наук, професор кафедри лісових культур і лісової селекції Національного лісотехнічного університету України. E-mail: debrynuj_kj@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0994-349X>

¹ Поляк Василь Васильович – аспірант кафедри лісових культур і лісової селекції. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. E-mail: v_v_simpol@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-8872-6903>

Площа штучних насаджень на території лісового фонду Покутсько-Буковинські Карпати становить 34,9 тис. га. При цьому на території підрайону Покутські Карпати частка лісових культур децю менша, ніж на території Буковинських Карпат (відповідно, 20,5 та 33,4%).

Ключові слова: фізико-географічні підобласть, район, підрайон; лісгосподарські підприємства; категорії земель; штучні насадження.

Вступ (Introduction).

За фізико-географічним районуванням України (1968), Українські Карпати поділено на шість фізико-географічних областей – Передкарпаття (I), Зовнішні Карпати (II), Вододільно-Верховинську (III), Полонинсько-Чорногірську (IV), Рахівсько-Чивчинську (V) та Вулканічних Карпат і міжгірських котловин (VI). Область Зовнішніх Карпат (II) вміщає дві підобласті – Скибових Карпат і Покутсько-Буковинських Карпат. Останні своєю чергою поділено на два райони – район низькогір'я та район середньогірських хребтів.

Підобласть Покутсько-Буковинських Карпат (ПБК) відповідає структурі Покутських складок і складок Буковинських Карпат. Покутську структуру розглядають як ділянку піднятої основи внутрішньої зони Передкарпатського прогину. Зовнішня південно-східна частина Покутсько-Буковинських Карпат обмежена низькогірними хребтами, а внутрішня частина характеризується гірським рельєфом з вершинами заввишки 1300-1400 м н.р.м. Підобласть поділено на дві частини – низькогірну та середньогірну (Рибін, Цись, 1968). Інші автори (Воропай, Куниця, 1966) територію Покутсько-Буковинських Карпат відносили до середньогір'я.

За геоботанічним районуванням України (Білик та ін., 1977) виділено окрему рангову одиницю – Покутсько-Буковинський підрайон Болевсько-Берегометського району Карпатського округу. Територію підрайону поділено на дві частини: низькогір'я з пологими (до 800 м н.р.м.) та середньогір'я зі стрімкими схилами – до 1500 м н.р.м. (г. Ротило, 1483 м). За лісгосподарським районуванням (Генсірук та ін., 1981) територію ПБК віднесено до Зовнішніх Карпат з буковими і темнохвойно-буковими лісами Гірськокарпатського лісгосподарського округу.

За іншими підходами (Цись, 1964) Скибові Карпати, як окрему фізико-географічну область, поділено на дві підобласті – Бескидсько-Горганську і Покутсько-Буковинську. За результатами сучасних досліджень (Кравчук, 2021), запропоновано схему геоморфологічної регіоналізації області Скибових Карпат, за якою таксономічні одиниці (підобласті, райони) виокремлено на основі чинника поздовжнього структурно-літологічного поділу території.

За цією схемою, область Скибових Карпат поділено на три підобласті (Бескиди, Скибові Горгани, Покутсько-Буковинські Карпати). Останні поділено на два райони – низькогірного рельєфу

та середньогірного рельєфу, кожен з яких поділено на два підрайони – Покутське низькогір'я і Буковинське низькогір'я та Покутське середньогір'я і Буковинське середньогір'я (Кравчук, 2021).

Покутсько-Буковинські Карпати розчленовані долинами річок системи Прута, Черемоша та Сирета. Ґрунтовий покрив доволі неоднорідний. По долинах річок сформувалися дернові та дерново-буроземні ґрунти, на схилах низькогір'я Покутських гір – дерново-буроземні опідзолені ґрунти, у середньогір'ї – середньопідзолисті буроземи, меншою мірою – гірсько-буроземно-підзолисті ґрунти (Рибін, Цись, 1968).

Незважаючи на загальну подібність за фізико-географічними, геоморфологічними та ландшафтними характеристиками, між Покутськими та Буковинськими Карпатами існують певні відмінності в природних умовах (Гостюк, 2018). Покутськими Карпатами вважають невисокі за абсолютними висотами (700-800 м н.р.м.) гори (низькогірні хребти), які простягаються від р. Лючки до долини р. Черемош в межах Бориславсько-Покутської підзони Передкарпатського прогину (Койнов, 1973; Гілецький, 2012).

У схемі районування Українських Карпат Л.І. Воропай, М.О. Куниця (1996) також виділяли окремий фізико-географічний район – Покутські Карпати, територія якого простягається від р. Прут до р. Черемош та її лівої притоки – р. Чорний Черемош у вигляді низки середньогірних хребтів. К.І. Геренчук (1968) у межах Покутських Карпат виділяв два ландшафти – низькогірний Прутський (між р. Лючка і Черемош) і середньогірний Космацький (між Покутським і Ворохтянсько-Кривопільським середньогір'ям).

Інші автори (Гостюк, Мельник, 2017b) розглядають Покутські Карпати як історико-географічний або природно-господарський район, який охоплює гірську Карпатську частину Покуття і знаходиться в межах Косівського і частково – Верховинського районів Івано-Франківської області. Південно-східною межею Покутських Карпат автори вважають р. Черемош, а північно-східна, північно-західна та південно-західна межі співпадають з межами фізико-географічних районів низькогірних і середньогірних хребтів Покутсько-Буковинських Карпат. Посідаючи північно-східну частину північно-східного мегасхилу Українських Карпат, Покутські Карпати займають площу 659,7 км², що становить близько 3% загальної території Карпат в Україні.

Район *низькогір'я Покутсько-Буковинських Карпат* характеризується поєднанням низькогірних положень з терасово-долинними або котловинно-терасовими місцевостями. Низькогір'я починається в межах Покутської передгірської височини (250-300 м), піднімаючись до відмітки 900 м н.р.м. Терасово-долинні структури добре виражені в долинах річок Пістинька, Рибниця, Черемош, Сирет, Путила, Бісків. Тут переважають дерново-підзолисті ґрунти різного ступеня оглеєності в комплексі з лучними опідзоленими ґрунтами. Пологі схили вкриті буковими та ялицево-буковими лісами (Рибін, Цись, 1968).

За результатами сучасних досліджень (Кравчук, 2021), район низькогірного рельєфу ПБК утворений декількома низькогірними гірськими ланцюгами з переважаючими абсолютними висотами 700-900 м н.р.м., які зростають від краю району вглиб гір. При цьому Покутсько-Буковинське низькогір'я має різну ширину – від 15 км у північно-західній частині (Покуття) до 5-10 км у південно-східній (Буковина).

Район *середньогірських хребтів Покутсько-Буковинських Карпат* приурочений до внутрішньої частини підобласті (Рибін, Цись, 1968). Стрімкі або середньої стрімкості схили північно-східної частини ПБК вкриті мішаними буково-ялицевими, буково-ялицево-ялиновими, ялицево-ялиновими або чистими ялиновими лісами, займаючи місцеположення від 900 до 1500 м (г. Ротил, 1485 м н.р.м.). Найвищі вершини хребтів знаходяться в межах прохолодної термічної зони. У ґрунтовому покриві переважають середньо-підзолисті буроземи, у верхній частині хребтів сформувалися гірсько-підзолисті лісові ґрунти. Район характеризується доволі високою лісистістю.

За даними Я.С. Кравчука (2021), район середньогірного рельєфу Скибових Покутсько-Буковинських Карпат розташований між Прут-Черемоським вододілом на північному заході і кордоном з Румунією на південному сході. Підрайон Покутського середньогір'я розташований між вододілом Прута і Черемоша та самою долиною р. Черемош. Гірські ланцюги простягаються у напрямі Пн-Зх → Пд-Сх і представлені найбільшими вершинами Покутсько-Буковинських Карпат, серед яких Біла Кобила (1477 м), Гордя (1479 м), Версале (1407 м), Ротил (1483 м).

Якщо підрайон Покутських Карпат, як природно-лісогосподарський регіон Українських Карпат, а також поширення та лісівничо-таксаційні характеристики лісостанів на цій території доволі повно досліджено у попередніх роботах (Гостюк, Мельник, 2017а, 2017б; Ванджурак, Дебринюк, 2022; Ванджурак, Дебринюк, Савчин, 2023), то підрайон Буковинських Карпати у лісівничому аспекті вивчено слабо. При цьому геоботанічні (Білик

та ін., 1977) та фізико-географічні межі підобласті Покутсько-Буковинські Карпати описано доволі ґрунтовно (Рибін, Цись, 1968; Кравчук, 2021), проте до цього часу однозначно не розглянуто питання розподілу лісового фонду за організаціями-користувачами, за видовим складом деревостанів, типами лісу, повнотою, бонітетом тощо.

Актуальність дослідження зумовлена тим, що на сьогодні межі Покутсько-Буковинських Карпат визначені за фізико-географічними, геоботанічними та геоморфологічними критеріями, тоді як лісотипологічні й лісівничі характеристики території опрацьовані недостатньо. Зокрема, аналіз видового складу лісостанів у розрізі організацій-користувачів лісового фонду, особливостей їх просторового розміщення та площ за переважаючими деревними видами здійснено лише наближено, що обмежує можливості комплексного оцінювання лісового фонду регіону.

Метою роботи є встановлення площ лісового фонду лісогосподарських підприємств за категоріями земель, що функціонують в межах підрайонів Буковинського низькогір'я та середньогір'я підобласті Покутсько-Буковинських Карпат.

Об'єкти і методика дослідження (Objects and methods).

Об'єкт дослідження – засадничі підходи до районування Покутсько-Буковинських Карпат як окремої підобласті Скибових Карпат. *Предмет дослідження* – площі лісового фонду в межах окремих лісогосподарських одиниць, які здійснюють свою діяльність на території Покутсько-Буковинських Карпат.

Встановлення меж лісового фонду у розрізі лісогосподарських одиниць, який знаходиться на території Покутсько-Буковинських Карпат, здійснювали шляхом аналізу існуючих схем геоботанічного (Білик та ін., 1977), лісорослинного (Горшенін, Шевченко, 1954) та лісогосподарського (Генсірук та ін., 1981) районувань з урахуванням меж фізико-географічного (Рибін, Цись, 1968; Кравчук, 2021) та ландшафтного (Гостюк, Мельник, 2017а; Гостюк, 2018) районувань досліджуваного регіону. Найбільш чітку схему фізико-географічного районування Покутсько-Буковинських Карпат запропонував Я.С. Кравчук (2021), тому визначені ним межі підрайону були покладені в основу встановлення приналежності лісового фонду до цього фізико-географічного таксону. Під час опрацювання розподілу лісового фонду на території ПБК за організаціями-користувачами брали також до уваги встановлені межі низькогір'я і середньогір'я Покутських Карпат (Гостюк, Мельник, 2017б) та напрацювання інших дослідників, зокрема стосовно приналежності лісового фонду різних лісогосподарських одиниць до Покутських Карпат (Ванджурак, Дебринюк, 2022;

Ванджурак, Дебринюк, Савчин, 2023). У процесі опрацювання меж лісового фонду, що знаходиться на території Покутсько-Буковинських Карпат, брали до уваги типи лісорослинних умов, типи лісу і склад деревної рослинності, що їм відповідає.

У процесі роботи використовували топографічні карти (1 : 200 000) з горизонталями, проведеними через 20 м. Також використовували карти-схеми розташування лісового фонду лісництв у межах лісгосподарських підприємств, які провадять свою діяльність на території Покутсько-Буковинських Карпат.

Рангові одиниці фізико-географічного районування досліджуваного регіону прийнято за Я.С. Кравчуком (2021): область – Скибові Карпати; підобласть – Покутсько-Буковинські Карпати; райони – низькогірного і середньогірного рельєфу Покутсько-Буковинських Карпат; підрайони – Покутського і Буковинського низькогір'я та Покутського і Буковинського середньогір'я.

Результати (Results).

Потрібно зазначити, що між Покутськими та Буковинськими Карпатами існують певні відмінності у природних умовах, зокрема, в геологічній будові та рельєфі (Гостюк, 2018). Ці складові мають певний вплив на ґрунтово-кліматичні умови, що, своєю чергою, зумовлює формування на території цих рангових одиниць лісових фітоценозів характерного складу і продуктивності.

Підрайон Покутського низькогір'я характеризується невисокими хребтами. Так, висоти хребта

Лебедин – Кам'янистий з боку Передкарпаття знаходяться в межах 250-350 м н.р.м. Усередині підрайону абсолютні висоти хребтів Карматура – Хоминський, Брусний – Соکیلський – Рожен коливаються в межах 600-800 м н.р.м. (г. Михалків – 812 м; г. Максимець – 981 м). Найвищою точкою Покутського низькогір'я вважається г. Буковець (1059 м).

За даними Н.Н. Рибіна, П.Н. Цися (1968), район низькогір'я Покутських Карпат характеризується невисокими положеннями, вкритими лісами з перевагою бука лісового з висотними відмітками до 800 м н.р.м. Смути низькогір'я перетинають долини річок Черемоша, Рибниці, Пістиньки, Лючки. Переважаючими у цьому районі є дерново-буроземні опідзолені ґрунти.

Район середньогір'я Покутських Карпат розташований у внутрішній частині підобласті Покутсько-Буковинських Карпат, і представлений місцезположеннями висотою 900-1500 м н.р.м. Середньогірні хребти вкриті ялицево-смерековими та смерековими лісами. Переважаючими тут є середньо-підзолисті буроземи, а на найвищих хребтах сформувалися гірсько-підзолисті ґрунти (Фізико-географічне районування..., 2009).

Лісгосподарську діяльність на території Покутських Карпат здійснюють шість лісокористувачів, які поділено на 16 лісництв і три природоохоронні науково-дослідні відділення (табл. 1)². Найбільшу площу підрайону посідають РП «Косівський райагроліс» та колишня філія «Кутське ЛГ». Найвагомішу частку штучних насаджень (35%) зафіксовано на території колишньої філії «Верховинське ЛГ».

Таблиця 1. Розподіл площі земель лісгосподарського призначення за їх категоріями в підобласті Покутсько-Буковинські Карпати (підрайон Покутського низькогір'я та середньогір'я) (за П.І. Ванджураком, Ю.М. Дебринюком, 2022)

Table 1. Distribution of the area of forest-management land by category in the Pokuttia–Bukovyna Carpathians subregion (Pokuttia low-mountain and mid-mountain terrain subdistrict) (according to P. Vandzhurak, Yu. Debryniuk, 2022)

Вкриті лісовою рослинністю ділянки, га	В т.ч. лісові культури, га	Не вкриті лісовою рослинністю ділянки, га	Разом лісових ділянок, га	Нелісові землі, га	Загальна площа земель л/г призначення, га
Філія «Кутське ЛГ» (Кутське, Космацьке л-ва – повністю; Косівське, Яблунівське, Березівське л-ва – частково)					
10084,3	2542,2	317,4	10401,7	136,3	10538,0
НПП «Гуцульщина» (Косівське, Шешорське ПНДВ – повністю, Старокутське ПНДВ – частково)					
6474,4	884,2	253,6	6728,0	57,0	6785,0

² Станом на 01.2026 р. у розподілі земель за організаціями-лісокористувачами відбулися деякі зміни. Філія «Кутське ЛГ» увійшла до складу Коломийського надлісництва, а філії «Верховинське ЛГ» і «Гринявське

ЛГ», разом із філією «Ворохтянське ЛГ» утворили Верховинське надлісництво.

Продовження таблиці 1

Вкриті лісовою рослинністю ділянки, га	В т.ч. лісові культури, га	Не вкриті лісовою рослинністю ділянки, га	Разом лісових ділянок, га	Нелісові землі, га	Загальна площа земель л/г призначення, га
РП «Косівський райагроліс» (Шипітське, Яворівське, Роженське л-ва – повністю, Кобаківське, Нижньо-березівське л-ва – частково)					
12998,5	2063,3	473,1	13471,6	80,4	13552,0
Верховинський районний лісгосп (Верхньоаясенівське л-во – повністю, Верховинське, Довгопільське л-ва – частково)					
5266,7	571,4	287,7	5554,4	33,6	5588,0
Філія «Верховинське ЛГ» (Верховинське, Красницьке л-ва – частково)					
4998,1	1843,1	313,3	5311,4	63,9	5375,3
Філія «Гринявське ЛГ» (Устеріцьке л-во – повністю)					
2507,4	793,7	369,6	2877	14,0	2891,0
Всього, га					
42329,4	8697,9	2014,7	44344,1	385,2	44729,3

У загальній площі Покутських Карпат підрайони Покутського середньогір'я та низькогір'я посідають подібну площу – 19678 та 22651,4 га відповідно (Ванджурак, Дебринюк, Савчин, 2023).

Буковинське низькогір'я охоплює територію на схід від долини р. Черемош до кордону з Румунією (Кравчук, 2021). Основними хребтами, що простягаються через район, є Бенків – Галечки Малі, Магура – Перехресток – Галечки Великі, Черешнів – Кінашки. Абсолютні висоти коливаються від 200 на межі з Передкарпаттям до 800 м н.р.м. Максимальна висота Покутсько-Буковинського низькогір'я становить 1081 м (г. Кінашка).

Буковинське середньогір'я розташоване між долиною р. Черемош і кордоном з Румунією (Кравчук, 2021). Північне пасмо підрайону проходить через вершини гір Садниста (1143 м), Букова (1080 м), Петроушна (1140 м). Південне пасмо простягається у напрямі Пн-Зх → Пд-Сх і проходить через вершини гір Бочкова (1240 м), Травена (1222 м), Томнате (1160 м). Найвищі точки підрайону представлені вершинами гір Осередок (1365 м) та Шурдин (1377 м).

За результатами аналізу лісового фонду Путильського, Берегометського і Чернівецького надлісництв, а також НПП «Вижницький» встановлено, що ліси району Буковинські Карпати представлені в основному трьома формаціями – бука лісового (*Fageta sylvaticae*), ялиці білої (*Abietela albae*) та ялини європейської (*Piceeta abietae*). Так, формація *Fageta sylvaticae* широко розповсюджена у досліджуваному регіоні і представлена чотирма субформаціями: смереково-ялицево-букові ліси (*Piceeto-Abieto-Fageta*); ялицево-букові ліси (*Abieto-Fageta*); чисті букові ліси (*Fageta*) та грабово-букові ліси (*Carpineto-Fageta*). Формація займає висотну рослинну смугу в межах 450-900 м н.р.м.

Другу висотну рослинну смугу у Буковинських Карпатах (500-1000 м н.р.м.) займає формація *Abietela albae*, яка представлена трьома субформаціями: смереково-буково-ялицеві ліси (*Piceeto-Fageta-Abieta*); буково-ялицеві ліси (*Fageto-Abieta*) та грабово-буково-ялицеві ліси (*Carpineto-Fageta-Abieta*).

Третю і найвищу висотну рослинну смугу в Буковинських Карпатах (800-1400 м н.р.м.) займає формація *Piceetea abietae*, яка на території досліджуваного району представлена трьома субформаціями: буково-ялицево-смерекові ліси (*Fageto-Abieto-Piceeta*); ялицево-смерекові ліси (*Abieto-Piceeta*) та чисті смерекові ліси (*Piceeta*).

Саме склад рослинних формацій, як відображення кліматично-едафічного потенціалу типу лісорослинних умов, є одним із основних чинників поділу Буковинських Карпат на два підрайони – Буковинського середньогір'я та Буковинського низькогір'я.

Так, південна межа Буковинського середньогір'я є продовженням межі Покутського середньогір'я. Вона перетинає р. Білий Черемош поблизу с. Стебні і проходить у напрямі Пн-Зх → Пд-Сх до кордону з Румунією в районі с-ща Селятин. Вздовж цієї межі розташовані частина лісового фонду Конятинського (кв. 1-8), Карпатського (кв. 38, 39, 49, 50, 53), Путильського (кв. 1-5), Сергіївського (кв. 33-37) і значна частина лісфонду Шурдинського та Ялівецького лісництв.

Північна межа Буковинського середньогір'я проходить по долині р. Товарниця через вершини гір Садниста (1143 м), Букова (1080 м) та Петроушна (1139 м). Межа перетинає лісовий фонд Розтоківського л-ва в районі кв. 20-22, 29-30, 37-41, частину лісфонду Усть-Путильського (кв. 34-38) і Лопушнянського (кв. 465-470, 474-

483) лісництв, проходить по північній межі лісового фонду Гірсько-Кутського, Чемернарського та Фальківського лісництв, включає кв. 13-16, 18-20, 22-26 Лаурського л-ва – до кордону з Румунією в районі с. Стража.

Північна межа Буковинського середньогір'я одночасно є південною межею Буковинського низькогір'я. Північна же межа Буковинського низькогір'я починається в районі с-ща Кути та м. Вишня і через хребти Беньків – Галечки Малі, Магура – Перехресток – Галечки Великі прямує до кордону з Румунією (Кравчук, 2021). Межа проходить по північній частині лісового фонду Вишняцького НПП, одночасно охоплюючи кв. 51-58, 63-65 та 81-82 Славецького л-ва, перетинаючи лісовий фонд Мигівського л-ва в районі кв. 523, 524, 538, 548, Зруб-Комарнівського л-ва (кв. 400, 402, 407, 418), проходячи по північній частині лісового фонду Гільчанського, Банилівського, Красноільського та Лаурського лісництв, включаючи невелику південно-західну частину Їжівського (кв. 22, 23, 36, 37, 48, 48) лісництва (табл. 2).

Основними користувачами лісового фонду на Буковинській частині ПБК є Путильське, Берегометське і Чернівецьке надлісництва та НПП «Вишняцький». Загальна площа земель лісгосподарського призначення на території цих об'єктів становить 85,5 тис. га. З них, вкриті і не вкриті лісовою рослинністю ділянки посідають відповідно 92,0 та 6,3% території, нелісові землі – 1,7%. Серед не вкритих лісовою рослинністю земель переважають незімкнуті лісові культури і зруби, невелику частку площ займають біогалявини, рідколісся, лісові шляхи і кварталні просіки, лінії електропередач. Серед нелісових земель переважають сіножаті, пасовища і садиби.

Площа земель, що надані у постійне користування НПП «Вишняцький», становить 8243,6 га. Землі, що входять до складу Парку без вилучення, мають площу 2991,8 га. Структурними підрозділами НПП «Вишняцький» є Берегометське, Буковинське та Іспаське лісництва, Вишняцьке і Солонечке ПНДВ, а також землі запасу Вишняцької сільської та Берегометської селищної рад.

Таблиця 2. Розподіл площі земель лісгосподарського призначення за їх категоріями у розрізі організацій-користувачів лісового фонду в підобласті Покутсько-Буковинські Карпати (підрайон Буковинського низькогір'я та середньогір'я)

Table 2. Distribution of the area of forest-management land by category in terms of forest fund user organizations in the Pokuttia–Bukovyna Carpathians subregion (Bukovyna low-mountain and mid-mountain terrain subdistrict)

№ з.п.	Назва організації	Перелік кварталів, що відносяться до регіону	Вкриті лісовою рослинністю ділянки, га	В т.ч. лісові культури, га	Не вкриті лісовою рослинністю ділянки, га	Разом лісових ділянок, га	Нелісові землі, га	Загальна площа земель л/г призначення, га
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Конятинське л-во Путильського НДЛ	кв. 1-8	471,3	231,7	100,2	571,5	4,0	575,5
2	Карпатське л-во Путильського НДЛ	кв. 1-50, 53, 54	4118,6	1799,8	433,9	5452,5	28,5	4581,0
3	Усть-Путильське л-во Путильського НДЛ	усі квартали (кв. 1-51)	4988,4	2378,6	293,5	5281,9	94,4	5376,3
4	Путильське л-во Путильського НДЛ	кв. 1-5	466,2	227,5	52,3	518,5	34,5	553,0
5	Сергіївське л-во Путильського НДЛ	усі квартали (кв. 1-37)	3773,6	2186,2	319,2	4092,8	88,1	4180,9
6	Шурдинське л-во Путильського НДЛ	кв. 1-20, 22-27, 29, 34, 37-39, 43, 48-55, 58	3067,3	1573,5	441,2	3508,5	21,2	3529,7
7	Селятинське л-во Путильського НДЛ	кв. 1-27, 54	2518,0	2120,2	213,1	2731,1	72,9	2804,0

Продовження таблиці 2

№ з.п.	Назва організації	Перелік кварталів, що відносяться до регіону	Вкриті лісовою рослинністю ділянки, га	В т.ч. лісові культури, га	Не вкриті лісовою рослинністю ділянки, га	Разом лісових ділянок, га	Нелісові землі, га	Загальна площа земель л/г призначення, га
1	2	3	4	5	6	7	8	9
8	Ялівецьке л-во Путильського НДЛ	кв. 1-15	1220,3	946,6	166,5	1386,8	12,6	1399,4
9	Розтоківське л-во Путильського НДЛ	усі квартали (кв. 1-45)	3368,4	1246,2	334,7	3703,1	23,9	3727,0
10	Славецьке л-во Берегометського НДЛ	кв. 51-58, 63-65, 81-82	1071,9	268,0	55,9	1127,8	12,5	1140,3
11	Лопушнянське л-во Берегометського НДЛ	усі квартали (кв. 424-501)	6315,8	1320,1	398,5	6714,3	88,2	6802,5
12	Гірсько-Кутське л-во Берегометського НДЛ	усі квартали (кв. 580-681)	8501,7	3042,0	423,1	8924,8	81,7	9006,5
13	Чемернарське л-во Берегометського НДЛ	усі квартали (кв. 682-733)	4486,1	1430,1	233,7	4719,8	50,5	4770,3
14	Фальківське л-во Берегометського НДЛ	усі квартали (кв. 734-786)	4026,6	1977,9	212,4	4239,0	38,1	4277,1
15	Мигівське л-во Берегометського НДЛ	кв. 523, 524, 534-538, 545-548, 551-579	3620,3	514,1	156,6	3776,9	42,0	3818,9
16	Зруб-Комарнівське л-во Берегометського НДЛ	кв. 400-402, 406, 407, 416-419	906,1	330,7	29,0	935,1	0,9	936,0
17	Гільчанське л-во Чернівецького НДЛ	усі квартали (кв. 1-29)	3627,8	935,3	262,7	3890,5	63,9	3954,4
18	Банилівське л-во Чернівецького НДЛ	усі квартали (кв. 1-36)	3811,6	649,2	254,6	4066,2	96,5	4162,7
19	Красноільське л-во Чернівецького НДЛ	усі квартали (кв. 1-29)	3634,7	482,6	185,5	3820,2	69,0	3889,2
20	Лаурське л-во Чернівецького НДЛ	усі квартали (кв. 1-34)	3632,0	804,9	318,3	3950,3	215,6	4165,9
21	Їжівське л-во Чернівецького НДЛ	кв. 22, 23, 36, 37, 48, 49	486,4	151,9	69,1	555,5	11,1	566,6
22	НПП «Вижницький»	вся площа	10508,6	1621,8	408,8	10917,4	318,0	11235,4
	Всього		78621,7	26238,9	5362,8	83984,5	1468,1	85452,6

На жаль, ми не володіємо даними з розподілу категорій земель лісгосподарського призначення в межах структурних підрозділів НПП «Вижницький», тому в табл. 2 наведено лише загальні дані по лісовому фонду Парку.

Певну частку у лісовому фонді посідають штучні насадження. Так, їхня середня частка вкритих лісовою рослинністю земель становить 33,4%, проте відзначається значною варіабельністю – від 15,4% у лісовому фонді НПП «Вижницький» до

49,2% – у лісовому фонді Конятинського і 84,2% – Селятинського лісництв.

Порівняно з Покутською частиною ПБК, Буковинська частина відзначається значно більшою площею лісового фонду. Так, площа вкритих лісовою рослинністю ділянок, як і загальна площа земель лісгосподарського призначення, в 1,9 рази є більшою (див. табл. 1, 2).

Беручи до уваги площу Покутського низькогір'я і середньогір'я (Ванджурак, Дебринюк, 2022; Ванджурак, Дебринюк, Савчин, 2023), а також встановлену нами площу Буковинського низькогір'я і середньогір'я, загальна площа вкритих лісовою рослинністю ділянок Покутсько-Буковинських Карпат становить 120,9 тис. га, площа не вкритих лісовою рослинністю ділянок – 7,4 тис. га, площа нелісових земель – 1,9 тис. га. Загальна площа земель лісгосподарського призначення підрайону Покутсько-Буковинські Карпати становить 130,2 тис. га.

Площа штучних насаджень на території лісового фонду підобласті становить 34,9 тис. га. При цьому на території підрайону Покутські Карпати частка лісових культур дещо менша, ніж на території Буковинських Карпат (відповідно, 20,5 та 33,4%).

Неоднорідність рельєфу Буковинських Карпат стали причиною виділення на його території двох підрайонів – Буковинського низькогір'я та середньогір'я (Рибін, Цись, 1968; Кравчук, 2021). Так, до низькогірної частини Буковинських Карпат віднесено більшу частину лісового фонду Черніве-

цького надлісництва і весь лісовий фонд НПП «Вижицький» (табл. 3). У загальній площі земель лісгосподарського призначення підрайону низькогірна частина займає 39,8 тис. га або 46,5%.

До середньогірної частини Буковинських Карпат віднесено майже всю частину лісового фонду Путильського та більшу частину – Берегометського надлісництва. У загальній площі земель лісгосподарського призначення підрайону середньогірна частина є дещо більшою, займаючи площу 46,7 тис. га або 53,5%. Для порівняння, у Покутських Карпатах деяка перевага за площею належить низькогірній частині – 22,7 тис. га або 53,4% (Ванджурак та ін., 2023).

Дискусія (Discussion).

Покутсько-Буковинські Карпати характеризуються поєднанням низькогірної частини, вкритої переважно буковими лісами з терасово-долинними і котловинно-терасовими положеннями та середньогірної частини з мішаними хвойно-широколистяними лісами, де гірські хребти сягають висоти від 900 до 1500 м н.р.м. Унікальність регіону полягає в тому, що його територія охоплює практично всі рослинні висотні пояси – від дібров у низькогірній частині (300-500 м н.р.м.) до чистих суслеречин у середньогірній частині (1300-1500 м н.р.м.). За різними підходами щодо районування Українських Карпат, Покутсько-Буковинські Карпати у більшості випадків дослідники характеризують як окрему підобласть.

Таблиця 3. Розподіл земель лісгосподарського призначення в межах низькогірної та середньогірної частин Буковинських Карпат за лісокористувачами
Table 3. Distribution of forest-management land within the low-mountain and mid-mountain terrain parts of the Bukovynian Carpathians by forest users

№ з.п.	Структурний підрозділ	Перелік кварталів, що відносяться до регіону	Вкриті лісовою рослинністю ділянки за висотними частинами, га	
			низькогірна	середньогірна
1	2	3	4	5
Путильське надлісництво				
1.	Конятинське л-во	кв. 1-8	–	575,5
2.	Карпатське л-во	кв. 1-50, 53, 54	–	4581,0
3.	Усть-Путильське л-во	усі квартали (кв. 1-51)	–	5376,3
4.	Путильське л-во	кв. 1-5	–	553,0
5.	Сергіївське л-во	усі квартали (кв. 1-37)	–	4180,9
6.	Шурдинське л-во	кв. 1-20, 22-27, 29, 34, 37-39, 43, 48-55, 58	–	3529,7
7.	Селятинське л-во	кв. 1-27, 54	–	2804,0
8.	Ялівецьке л-во	кв. 1-15	–	1399,4

Продовження таблиці 3

№ з.п.	Структурний підрозділ	Перелік кварталів, що відносяться до регіону	Вкриті лісовою рослинністю ділянки за висотними частинами, га	
			низькогірна	середньогірна
1	2	3	4	5
9.	Розтоківське л-во	кв. 22, 29, 33, 34, 38-45	–	1058,0
9.1.	Розтоківське л-во	кв. 1-21, 23-28, 30-32, 35-37	2669,0	–
Разом			2669,0	24057,8
Берегометське надлісництво				
10.	Славецьке л-во	кв. 51-58, 63-65, 81-82	1140,3	–
11.	Лопушнянське л-во	кв. 424-464, 471-473, 484-488	4361,5	–
11.1	Лопушнянське л-во	кв. 465-470, 474-483, 489-501	–	2441,0
12.	Гірсько-Кутське л-во	усі квартали (кв. 580-681)	–	9006,5
13.	Чемернарське л-во	усі квартали (кв. 682-733)	–	4770,3
14.	Фальківське л-во	усі квартали (кв. 734-786)	–	4277,1
15.	Мигівське л-во	кв. 523, 524, 534-538, 545-548, 551-579	3818,9	–
16.	Зруб-Комарнівське л-во	кв. 400-402, 406, 407, 416-419	936,0	–
Разом			10256,7	20494,9
Чернівецьке надлісництво				
17.	Гільчанське л-во	усі квартали (кв. 1-29)	3954,4	–
18.	Банилівське л-во	усі квартали (кв. 1-36)	4162,7	–
19.	Красноільське л-во	усі квартали (кв. 1-29)	3889,2	–
20.	Лаурське л-во	кв. 13-16, 18-20, 22-26	–	1127,1
20.1.	Лаурське л-во	кв. 1-12, 17, 21, 27-34	3038,8	–
21.	Їжівське л-во	кв. 22, 23, 36, 37, 48, 49	566,6	–
Разом			15611,7	1127,1
НПП «Вижницький»				
вся площа			11235,4	–
Разом			11235,4	–
Всього			39772,8	45679,8

Низка дослідників (Горшенін, Шевченко, 1954; Воропай, Куниця, 1966; Рибін, Цись 1968; Білик та ін., 1977; Генсірук та ін., 1981) характеризували Покутські Карпати як частину Покутсько-Буковинських Карпат або інших територіа-

льних одиниць. Проте М.М. Койнов (1973) на території Івано-Франківської обл. виділив три фізико-географічні області – Покутські Карпати, Горгани та Гуцульські Карпати. За цією схемою районування Покутські Карпати розташовані в

межах двох фізико-географічних районів – Покутських Карпат і Запрутських Горган.

Між Покутськими та Буковинськими Карпатами існують певні відмінності у природних умовах, насамперед – у геологічній будові та рельєфі (Гостюк, 2018; Гостюк, Мельник, 2017b). У зв'язку з цим, відмінності у природно-кліматичних умовах цих географічних районів зумовлюють формування на території кожного з них лісової рослинності специфічного складу та високої продуктивності, вивчення особливостей природного та штучного відновлення якої, встановлення ресурсного потенціалу лісостанів різного породного складу, забезпечення невиснажливого користування є важливою передумовою розробки науково-обґрунтованих заходів зі збалансованого розвитку лісового господарства регіону.

Межі території Покутсько-Буковинських Карпат дослідники окреслюють по різному. Конкретні межі залежать від того, який вид районування розробляють – фізико-географічне, геоморфологічне, ландшафтне тощо. В кожному випадку вибирають ті критерії, які задовольняють умови того чи іншого виду районування. Так, низка дослідників (Койнов, 1973; Міллер, Федірко, 1990) територію досліджуваного регіону віднесли до двох фізико-географічних областей і районів – Буковинсько-краєвого району Низькогірно-скибової області та Покутсько-Буковинського району Середньогірно-скибової області. Південно-західну межу Покутсько-Буковинського регіону проведено по р. Чорний Черемош, а північно-західну межу по р. Ільця – лівій притоці р. Чорний Черемош.

У нашому дослідженні щодо встановлення площ земель лісового фонду в межах підрайонів Буковинського низькогір'я та середньогір'я було використано схему фізико-географічного районування, запропоновану Я.С. Кравчуком (2021). Розроблена схема, на наш погляд, найбільш повно відображає просторову диференціацію природних умов досліджуваної території, враховуючи не лише класичні критерії фізико-географічного районування (геологічну будову, рельєф, кліматичні особливості), але й лісорослинні умови. Останні є важливим чинником, який визначає формування та просторову структуру лісових екосистем, зокрема видовий склад деревної рослинності, продуктивність і типологічну різноманітність лісів. Урахування цих складових дасть змогу забезпечити більш обґрунтований підхід до аналізу територіальних відмінностей у структурі лісового фонду та підвищити точність інтерпретації отриманих результатів.

Підобласть Покутсько-Буковинські Карпати різними дослідниками охарактеризовано з погляду особливостей геоботанічного (Білик та ін.,

1977), фізико-географічного (Воропай, Куниця, 1966; Рибін, Цись, 1968; Гілецький, 2012), ландшафтного (Гостюк, Мельник, 2017a) районувань, але практично відсутній розподіл площ лісового фонду у розрізі лісгосподарських підприємств в межах низькогірної та середньогірної частин Буковинських Карпат. Виконаний нами такий розподіл земель лісового фонду у межах підрайонів ПБК дає можливість запровадити диференційований підхід до ведення лісового господарства, зокрема у напрямі лісовідновлення з урахуванням типу лісорослинних умов, типу лісу, породного складу лісових насаджень.

Висновки (Conclusions).

1. На території Покутсько-Буковинських Карпат лісгосподарську та природоохоронну діяльність здійснюють 37 лісництв і п'ять природоохоронних науково-дослідних відділень. З урахуванням різної висоти над рівнем моря, специфіки рельєфу і складу лісової рослинності, на території підобласті приналежність лісового фонду до лісгосподарських одиниць охарактеризовано окремо за двома підрайонами – Буковинського низькогір'я та середньогір'я.

2. У загальній площі вкритих лісовою рослинністю ділянок Покутських Карпат підрайони Покутського середньогір'я та низькогір'я посідають подібну площу – 19,7 та 22,7 тис. га відповідно. У підрайоні Буковинських Карпат середньогірна частина земель лісгосподарського призначення (45,7 тис. га) є дещо більшою, ніж низькогірна (39,8 тис. га).

3. Площа вкритих лісовою рослинністю ділянок Буковинського низькогір'я і середньогір'я становить 78,6, не вкритих лісовою рослинністю ділянок – 5,4, нелісових земель – 1,5, земель лісгосподарського призначення – 85,5 тис. га.

4. Площа вкритих лісовою рослинністю ділянок підобласті Покутсько-Буковинські Карпати становить 120,9 тис. га, площа не вкритих лісовою рослинністю ділянок – 7,4 тис. га, площа нелісових земель – 1,9 тис. га. Загальна площа земель лісгосподарського призначення підобласті становить 130,2 тис. га.

5. Площа штучних насаджень на території лісового фонду підобласті Покутсько-Буковинські Карпати становить 34,9 тис. га. При цьому на території району Покутські Карпати частка лісових культур дещо менша, ніж на території Буковинських Карпат (відповідно, 20,5 та 33,4%).

Подяка (Acknowledgments).

Автор статті щиро вдячний Генеральному директору ВО «Укрдержліспроект» Віктору Мельниченку та головному інженеру Київської експедиції Миколі Кравчуку за сприяння щодо отримання бази даних з лісового фонду лісгосподарських підприємств Чернівецької області.

Конфлікт інтересів (Conflicts of Interest).

Автор заявляє про відсутність відомих конкуруючих фінансових інтересів чи особистих зв'язків, які могли б вплинути на результати, представлені у цій статті.

Список літератури (References)

- Bilyk, H. I., Holubets, M. A., Bradis, Ye. M., Andrienko, T. L., Tkachenko, V. S., Sheliag-Sosonko, Yu. R., ... Makhaieva, L. V. (1977). *Geobotanical zoning of the Ukrainian SSR* (A. I. Barbarich, Ed.). Naukova Dumka. [Білик, Г. І., Голубець, М. А., Брадис, Є. М., Андриєнко, Т. Л., Ткаченко, В. С., Шеляг-Сосонко, Ю. Р., ... Махасєва, Л. В. (1977). *Геоботанічне районування Української РСР* / за ред. А. І. Барбарич. Київ: Наукова думка. 303 с.] (in Ukrainian)
- Gensiruk, S. A., Shevchenko, S. V., Bondar, V. S., Sheliag-Sosonko, Yu. R., Koval, Ya. V., Zaitsev, V. T., & Kravchuk, Yu. P. (1981). *Integrated forestry zoning of Ukraine and Moldova*. Naukova dumka. [Генсирук, С. А., Шевченко, С. В., Бондарь, В. С., Шеляг-Сосонко, Ю. Р., Коваль, Я. В., Зайцев, В. Т., Кравчук, Ю. П. (1981). *Комплексное лесохозяйственное районирование Украины и Молдавии*. Киев: Наукова думка. 368 с.] (in Russian)
- Geographical encyclopedia of Ukraine*. (1993). In *Geographical encyclopedia of Ukraine* (Vol. 3, pp. 54–55). URE im. M. P. Bazhana. [Географічна енциклопедія України. (1993). Київ: УРЕ ім. М. П. Бажана. Т. 3. С. 54–55.] (in Ukrainian)
- Gerenchuk, K. I. (1968). Landscapes. In K. I. Gerenchuk (Ed.), *Nature of the Ukrainian Carpathians* (pp. 208–238). Lviv University Publishing House. [Геренчук, К. І. (1968). Ландшафти. В кн.: *Природа Українських Карпат* (с. 208–238) / під ред. К. І. Геренчука. Львів: Видво Львів. ун-ту.] (in Ukrainian)
- Giletskyi, Y. R. (2012). Natural-geographic zoning of the Ukrainian Carpathians as a basis for optimizing nature use in the region. *Scientific Bulletin of Chernivtsi University: Geography*, 612–613, 28–32. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvchnu_2012_612-613_9 [Гілецький, Й. Р. (2012). Природно-географічне районування Українських Карпат як основа оптимізації природокористування у регіоні. *Науковий вісник Чернівецького університету: географія*, 612–613, 28–32.] (in Ukrainian)
- Gorshenin, N. M., & Shevchenko, S. V. (1954). Forest-growing areas of the western, Chernivtsi and the Transcarpathian regions of the Ukrainian SSR. *Scientific Notes of the Lviv Agricultural Institute*, 4, 147–156. [Горшенин, Н. М., Шевченко, С. В. (1954). Лесорастительные районы западных, Черновицкой и Закарпатской областей УССР. *Научные записки Львовского сельскохозяйственного института*, 4, 147–156.] (in Russian)
- Gostyuk, Z. V. (2018). Anthropogenic modification of the Pokuttya Carpathian landscapes. *Ukrainian Geographical Journal*, 2, 43–50. <https://doi.org/10.15407/ugz2018.02.043> [Гостюк, З. В. (2018). Антропогенна модифікованість ландшафтів Покутських Карпат. *Український географічний журнал*, 2, 43–50.] (in Ukrainian)
- Gostyuk, Z. V., & Melnyk, A. V. (2017a). Landscape structure of the Pokuttya Carpathians. *Physical Geography and Geomorphology*, 3(87), 38–47. http://nbuv.gov.ua/UJRN/fiz_geo_2017_3_8 [Гостюк, З. В., Мельник, А. В. (2017а). Ландшафтна структура Покутських Карпат. *Фізична географія та геоморфологія*, 3(87), 38–47.] (in Ukrainian)
- Gostyuk, Z. V., & Melnyk, A. V. (2017b). Pokut Carpathians in the system of physiographic zoning of the Ukrainian Carpathians. *Regional Problems of Landscape Studies and Geomorphology*, 4(88), 12–21. http://nbuv.gov.ua/UJRN/fiz_geo_2017_4_4 [Гостюк, З. В., Мельник, А. В. (2017б). Покутські Карпати в системі фізико-географічного районування Українських Карпат. *Регіональні проблеми ландшафтознавства та геоморфології*, 4(88), 12–21.] (in Ukrainian)
- Koinov, M. M. (1973). Physico-geographic regions. In K. I. Gerenchuk (Ed.), *Nature of the Ivano-Frankivsk region* (pp. 125–140). Vyshcha shkola. [Койнов, М. М. (1973). Фізико-географічні райони. В кн.: *Природа Івано-Франківської області* (с. 125–140) / під ред. К. І. Геренчука. Львів: Вища школа.] (in Ukrainian)
- Kravchuk, Ya. S. (2021). *Relief of the Ukrainian Carpathians*. Ivan Franko National University of Lviv. <https://opac.lpnu.ua/bib/1137590> [Кравчук, Я. С. (2021). *Рельєф Українських Карпат*. Львів: Львівський національний університет імені Івана Франка. 576 с.] (in Ukrainian)
- Miller, H. P., & Fedirko, O. M. (1990). Ukrainian Carpathians. In F. S. Babichev, V. I. Belyaev, & S. I. Dorohuntsov (Eds.), *Geographical encyclopedia of Ukraine* (Vol. 2, pp. 113–114). URE im. M. P. Bazhana. [Міллер, Г. П., Федірко, О. М. (1990). Карпати Українські / *Географічна енциклопедія України*. Київ: УРЕ ім. М. П. Бажана. Т. 2. С. 113–114.] (in Ukrainian)
- Physic-geographical zoning of the Ukrainian SSR*. (1968). In V. P. Popov, A. I. Marinich, & A. I. Lanko (Eds.), *Physic-geographical zoning of the Ukrainian SSR*. Kyiv University Publishing House. [Фізико-географическое районирование Украинской ССР. (1968) / под ред. В. П. Попова, А.

- И. Маринича, А. И. Ланько. Киев: Изд-во Киев. ун-та.] (in Russian)
- Physic-geographical zoning of Ukraine. (2009). In O. M. Marynych, G. O. Parkhomenko, & V. M. Pashchenko (Eds.), *National atlas of Ukraine* (pp. 228–229). DNVP Cartography. [Фізико-географічне районування України. (2009). В кн. *Національний атлас України* (с. 228–229) / під ред. О. М. Маринич, Г. О. Пархоменко, В. М. Пащенко. Київ: ДНВП Картографія.] (in Ukrainian)
- Rybin, M. M., & Tsys, P. M. (1968). Subregion of the Pokutsko-Bukovina Carpathians. In V. P. Popov, A. M. Marinich, & A. I. Lanko (Eds.), *Physic-geographical zoning of the Ukrainian SSR* (pp. 606–608). Kyiv University Publishing House. [Рыбин, М. М., Цысь, П. М. (1968). Подобласть Покутсько-Буковинских Карпат. В кн.: *Физико-географическое районирование Украинской ССР* / под ред. В. П. Попова, А. М. Маринича, А. И. Ланько. Киев: Изд-во Киев. ун-та. С. 606–608.] (in Russian)
- Tsys, P. M. (1964). The outer Carpathians. In K. I. Gerenchuk, M. M. Koinov, & P. M. Tsys (Eds.), *Natural and geographic division of Lviv and Podil economic districts* (pp. 165–180). Lviv University Publishing House. [Цись, П. М. (1964). Зовнішні Карпати. В кн.: *Природно-географічний поділ Львівського та Подільського економічного районів* (с. 165–180) / під ред. К. І. Геренчук, М. М. Койнов, П. М. Цись. Львів: Вид-во Львів. ун-ту.] (in Ukrainian)
- Vandzhurak, P., & Debryniuk, Iu. (2022). The Pokuttia Carpathians as a natural and forestry region of the Ukrainian Carpathians. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 24, 47–55. doi.org/10.15421/412204 [Ванджурак, П. І., Дебринюк, Ю. М. (2022). Покутські Карпати як природно-лісогосподарський регіон Українських Карпат. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 24, 47–55.] (in Ukrainian)
- Vandzhurak, P., Debryniuk, Iu., & Savchyn, V. (2023). Forest stands of the Pokuttia Carpathians: Distribution and forest mensurational description. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 25, 39–55. https://doi.org/10.15421/412303 [Ванджурак, П. І., Дебринюк, Ю. М., Савчин, В. М. (2023). Лісостани Покутських Карпат: поширення та лісівничо-таксаційна характеристика. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 25, 39–55.] (in Ukrainian)
- Voropai, L. I., & Kunytsia, M. O. (1966). *Ukrainian Carpathian Mountains*. Soviet School. [Воропай, Л. І., Куниця, М. О. (1966). *Українські Карпати*. Київ: Радянська школа. 168 с.] (in Ukrainian)

Structure of the forest fund of the Bukovyna low-mountain and mid-mountain areas of the Pokuttia–Bukovyna Carpathians¹

V. Polyak²

As of today, the boundaries of the Pokuttia-Bukovyna Carpathians have been defined based on physical-geographical, geobotanical, and geomorphological criteria, whereas the forest typological and forestry-purpose characteristics of the territory remain insufficiently studied. In particular, the analysis of the species composition of forest stands, considered in terms of forest fund user organizations, the features of their spatial distribution, and the areas by dominant tree species has been conducted only approximately. The lack of such data limits the possibilities for a comprehensive assessment of the region's forest fund. From this point of view, the present study is highly relevant.

The aim of the study is to determine the forest fund areas of forestry enterprises by land categories operating within the subdistricts of the Bukovyna

low-mountain and mid-mountain areas of the Pokuttia-Bukovyna Carpathians subregion.

The hierarchical units of physical-geographical zoning for the study region are adopted according to Ya. S. Kravchuk (2021) as follows: region – the Skibovi Carpathians; subregion – the Pokuttia-Bukovyna Carpathians; districts – low-mountain and mid-mountain terrain areas of the Pokuttia-Bukovyna Carpathians; subdistricts – Pokuttia and Bukovyna low-mountain areas, and Pokuttia and Bukovyna mid-mountain areas.

In the Pokuttia-Bukovyna Carpathians, forestry and nature-conservation activities are carried out by 37 forest districts and five nature-conservation research units. Considering the variations in altitude, terrain features, and forest vegetation composition, the affiliation of the forest fund to forestry units

¹ Scientific supervisor – Doctor of Agricultural Sciences, Professor at the Department of Forest Cultures and Forest Tree Breeding, Ukrainian National Forestry University. E-mail: debryniuk_ju@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0994-349X>

² Vasyly Polyak – PhD student at the Department of Forest Cultures and Forest Tree Breeding, Ukrainian National Forestry University. 103 General Chuprynka St., Lviv, 79057, Ukraine. E-mail: v_v_simpol@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-8872-6903>

within the subregion is characterized separately for two subdistricts – the Bukovyna low-mountain and mid-mountain areas.

In terms of the total area covered by forest vegetation in the Pokuttia Carpathians, the Pokuttia mid-mountain and low-mountain subdistricts occupy approximately the same areas – 19.7 and 22.7 thousand hectares, respectively. In the Bukovyna Carpathians subregion, the mid-mountain part of forestry-purpose land (45.7 thousand hectares) is slightly larger than the low-mountain part (39.8 thousand hectares).

The area covered by forest vegetation in the Bukovyna low-mountain and mid-mountain areas amounts to 78.6 thousand hectares, while non-forested areas cover 5.4 thousand hectares, non-forest lands – 1.5 thousand hectares, and lands designated for forestry purposes – 85.5 thousand hectares.

The areas of forested and non-forested land in the Pokuttia-Bukovyna Carpathians subregion are 120.9 and 7.4 thousand hectares, respectively, while

the area of non-forest land is 1.9 thousand hectares. The total area of forestry-purpose lands of the subregion amounts to 130.2 thousand hectares.

The area of artificial plantations within the forest fund of the Pokuttia-Bukovyna Carpathians subregion amounts to 34.9 thousand hectares. In this context, the share of forest plantations in the Pokuttia Carpathians subdistrict is slightly lower than in the Bukovyna Carpathians, being 20.5% and 33.4%, respectively.

The distribution of forest fund lands within the subdistricts of the Pokuttia-Bukovyna Carpathians carried out in this study enables the implementation of a differentiated approach to forest management, particularly in the context of forest renewal, taking into account forest site types, forest types, and the species composition of forest stands.

Key words: physiographic subregion; region; subdistrict; forestry enterprise; land categories; artificial plantations.



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

<http://fasu.nltu.edu.ua>
<https://doi.org/10.36930/412529>
Article received 2025.01.13
Article revised 2025.08.15
Article accepted 2025.09.18
Article published 2026.03.13

ISSN 1991-606X print
ISSN 2616-5015 online
@ ✉ Correspondence author
Yaroslav Forgil
Yaroslav.Forgil@gmail.com
103 General Chuprynka St.,
Lviv, 79057, Ukraine

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 (CC BY 4.0) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)



УДК 630*187 : 633.877

Поширення лісостанів за участю *Picea abies* (L.) Karst. в ялицевих типах лісу Івано-Франківської області

Я.С. Форгіль¹, Ю.М. Дебринюк²

Picea abies (L.) Karst. є одним із перспективних деревних видів для культивування в яличинах і суяличинах впродовж обмеженого періоду часу з метою отримання значних обсягів деревини – вищих, ніж в умовах смеречин і сусмеречин. Особливість ялини європейської нагромаджувати високі запаси деревини в ялицевих типах лісу було помічено давно, в зв'язку з чим цей деревний вид широко культивували в ялицевих типах лісу Івано-Франківщини.

Встановлено, що лісостани з перевагою в складі *Picea abies* в ялицевих типах лісу Івано-Франківської області займають площу 38,7 тис. га, де деревний вид має переважно штучне походження. Площа лісових культур з перевагою у складі ялини становить майже 27 тис. га або 69,6%. Ялинники досліджуваного регіону ростуть в 11-ти ялицевих типах лісу, найпоширенішим з яких є волога смереково-букова суяличина (74,2% від площі ялицевих типів лісу). Найвищі запаси деревини встановлено в умовах вологих букової та смерекової суяличин (відповідно, 430 і 444 м³·га⁻¹).

Найбільша площа ялинників в ялицевих типах лісу зосереджена на схилах північних експозицій (12966,2 га або 33,5%) та на рівнинних ділянках (11410,2 га або 29,5%). Найвищі запаси стовбурової деревини (387-396 м³·га⁻¹) притаманні ялиновим деревостанам, які ростуть на

¹ Форгіль Ярослав Святославович – аспірант кафедри лісових культур і лісової селекції. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. E-mail: Yaroslav.Forgil@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-2236-1793>

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

схилах північно-західної, східної та західної експозицій, найнижчі ($227 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$) – на рівнинних ділянках.

Найбільшу площу займають ялинники, що ростуть на спадистих схилах і рівнинних ділянках (13,4 і 11,4 тис. га або 35 і 30%). Площа ялинників на пологих схилах доволі низька (3,1 тис. га або 8%), а на дуже стрімких схилах північних і південних експозицій – найменша (0,7 і 0,3 тис. га або 2 і 1%).

Найнижчий запас деревини на одиницю площі встановлено в ялинниках на рівнинних ділянках і на схилах стрімкістю до 10^0 (227 і $291 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$). Найвищі запаси деревини на дуже стрімких схилах (479 і $495 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$) зумовлені обмеженою господарською діяльністю в них.

Суттєвої відмінності у запасах деревини ялинових лісостанів, які ростуть на південних і північних схилах ялицевих типів лісу, не встановлено.

Ключові слова: площа лісостанів; запас деревини; категорії лісів; природні лісостани; лісові культури; експозиція схилів; стрімкість схилів.

Вступ (Introduction).

Одним із цінних деревних видів Карпатського регіону є ялина європейська (*Picea abies* [L.] Karst.). Незважаючи на часткову втрату нею біотичної стійкості у зв'язку зі зміною клімату, цей деревний вид у певних типах лісорослинних умов є доволі стійким до певного віку, нагромаджуючи високі запаси стовбурової деревини. Дослідники (Дебринюк, Форгіль, Леснік, 2013; Парпан та ін., 2014; Лавний, Пелюх, 2019; Гриник Г., Гриник О., 2022; Матусевич, 2022; Лавний, Матусевич, 2023) характеризують ялину як швидкорослу породу в багатих і відносно багатих умовах, яка здатна нагромаджувати значні обсяги стовбурової деревини, залишаючись до певного віку достатньо біотично стійкою. Незважаючи на кліматичні зміни, лісостани за участю *Picea abies* й на сьогодні володіють значним ресурсним потенціалом і є основним джерелом отримання деревини у Карпатському регіоні (Шпарик, 2019; Pelyukh et al., 2019). За певних умов ялина і в нинішніх несприятливих для неї умовах зміни клімату здатна нагромаджувати доволі високі запаси деревини, зберігаючи до певного віку високу біотичну стійкість (Форгіль, Дебринюк, 2023).

Ялина європейська формує як чисті, так і мішані деревостани, що залежить від висоти над рівнем моря. В умовах вологих високогірних суслеречин (1100 м н.р.м. і вище) деревний вид утворює чисті лісостани, як найпродуктивніші і найстійкіші в умовах високогір'я. Нижче від цієї межі ялина формує мішані деревостани з буком лісовим, ялицею білою, кленом-явором, значно рідше – з ільмом гірським, сосною кедровою європейською, сосною звичайною, березою повислою, вільхою сірою (Герушинський, 1996). Поряд з цим, існують дані (Матусевич, 2022) щодо підвищення, у зв'язку з кліматичними змінами, верхньої межі поширення ялинових лісостанів на 100-150 м н.р.м.

Детальне поширення лісостанів ялини європейської в Українських Карпатах узагальнено в

роботі М.А. Голубця (1978), а також у новіших наукових публікаціях (Гриник, 2011; Дебринюк та ін., 2013; Лавний, Пелюх, 2019; Гриник Г.Г., Гриник О.М., 2022). Станом на 05.2010 р. ліси за участю ялини європейської в Івано-Франківській області займали площу 229885,4 га із загальним запасом деревини 74899,9 тис. м^3 (Слободян, 2010). Їхня площа в 17 смерекових типах лісу становила 173954,3 га. Ялинові лісостани зосереджені переважно у семи типах лісу (Вз-кСм, Вз-См, Сз-бк-яцСм, Сз-бкСм, Сз-яцСм, Сз-См, Дз-бк-яцСм), які охоплюють площу в 170983,6 га, що становить 98,3% від загальної площі смерекових типів лісу Івано-Франківщини.

Однак за даними В.В. Лавного, О.Б. Матусевича (2022), станом на 01.2018 р. загальна площа ялинових лісостанів на території Івано-Франківської області становила вже 258 тис. га (48,4% від загальної площі лісів) із загальним запасом 94,9 млн м^3 . Серед адміністративних областей західного регіону України ялинові лісостани найпоширенішими є саме на території Івано-Франківщини. Серед груп віку переважають середньовікові деревостани ялини, частка яких становить 44,9% від їхньої загальної площі.

Окрім смеречин і суслеречин, ялина формує похідні лісостани у букових та ялицевих типах лісу. За літературними даними (Лавний, Пелюх, 2019), загальна площа похідних ялинників на території Українських Карпат становить 126,7 тис. га із загальним запасом деревини 43032,5 тис. м^3 . Найбільшу площу похідні ялинники займають на території Івано-Франківської та Закарпатської областей – майже 88760 га.

Найбільші площі похідних ялинників Карпатського регіону зосереджені у вологій буково-смерековій суяличині (44,6 тис. га), вологій буково-ялицевій суслеречині (42,1 тис. га), вологій буково-смерековій яличині (27,4 тис. га) та вологій смереково-ялицевій субучині (20,3 тис. га) (Парпан та ін., 2014).

Зміни у площі ялинових лісостанів, запасах нагромадженої деревини зумовлені, насамперед, кліматичними змінами, які впродовж останніх десятиріч виявляють суттєвий вплив на лісорослинні умови Українських Карпат, підтвердженням чого є зміна меж лісорослинних поясів, зміни у складі рослинних субформацій і формацій, зміни у площі природного поширення деревних видів, зниження їхньої біотичної стійкості (Шпарик, Криницький, Дебринюк, 2020). Ці зміни клімату особливо відчутно вплинули на стан формації ялини європейської (*Piceetea abietae*). Негативний синергетичний вплив зміни клімату проявився передусім на стан, структуру та функціонування похідних ялинових деревостанів Українських Карпат (Лавний, Пелюх, 2019).

Аналіз лісівничо-таксаційних показників похідних ялинових деревостанів Українських Карпат засвідчив критичний санітарний стан цих лісових екосистем та їхні негативні наслідки для лісогосподарських підприємств регіону (Лавний, Пелюх, 2019). За даними інших дослідників (Олійник, Зейналян, 2020), найістотніші всихання похідних ялиників характерні для нижнього гірського поясу букових яличин – понад 18%. У передгірних і гірських умовах всихання ялини здебільшого приурочене до мішаних дубових, ялицевих і букових типів лісу у висотному діапазоні 350–1150 м н.р.м., де сконцентровано 95% площ всихання. На більших висотах (пояс ялинових лісів) ці явища неістотні. Найпоширеніші процеси всихання спостережено у деревостанах із часткою ялини у їх складі 3, особливо – 5 одиниць, віком 35–60 років і повнотою 0,6–0,8. Для забезпечення високої біотичної стійкості, частка ялини у складі деревостанів ялицевих типів лісу повинна становити не більше 30% (Парпан та ін., 2014). Поряд з цим (Шпарик, 2019), інтенсивність всихання ялини у смерекових та ялицевих типах лісу відносно подібна і є меншою, ніж для букових типів лісу.

За нашими даними (Дебринюк та ін., 2013; Форгіль, Дебринюк, 2023) до 50-60-річного віку ялина європейська в ялицевих типах лісу відзначається загалом доволі високою біотичною стійкістю. Деяке зниження показника життєвого стану ялини спостережено у насадженнях 70-75-річного віку. У мішаному насадженні цього вікового періоду ялина відзначається кращим життєвим станом, ніж у чистому.

Проте поряд із низькою біотичною стійкістю, похідні ялиники Карпат відзначаються високою продуктивністю із переважанням деревостанів І класу бонітету – 89631 га, що становить 70,8% від загальної площі похідних ялиників (Лавний, Пелюх, 2019). Високу продуктивність похідних ялиників в ялицевих типах лісу Карпатського регіону відзначали також В.І. Парпан та ін. (2014):

43% площі займають ялинові деревостани вище І класу бонітету, 40% – І класу бонітету, і лише 14% характеризуються ІІ класом бонітету.

Отже, в межах північно-східного мегасхилу Українських Карпат найбільшу площу ялинові лісостани займають на території саме Івано-Франківської області. Частина ялиників приурочена до ялицевих типів лісу, де ялинові деревостани є похідними, проте відзначаються високою продуктивністю та доволі високою біотичною стійкістю до певного віку. Тому *актуальним питанням* є з'ясування площі таких лісостанів як штучного, так і природного походження в межах різних категорій лісів, підприємств та організацій, встановлення запасів деревини в ялинових лісостанах, в т.ч. і в межах окремих типів лісу, експозицій та стрімкості схилів. Отримані дані дадуть змогу зробити висновок про розповсюдженість ялиників в ялицевих типах лісу та нагромадження у них запасах стовбурової деревини.

Мета роботи полягає у встановленні площі ялиників в ялицевих типах лісу Івано-Франківщини, у визначенні запасів деревини в ялинових лісостанах, зокрема і в межах окремих типів лісу, експозицій та стрімкості схилів.

Об'єкти і методика дослідження (Objects and methods).

Об'єкт досліджень – поширення ялинових лісостанів природного і штучного походження в ялицевих типах лісу на території Івано-Франківської області. *Предмет досліджень* – розподіл ялинових лісостанів регіону за категоріями лісів і лісокористувачами у розрізі ялицевих типів лісу.

Аналіз поширення лісостанів за участю *Picea abies* у межах категорій лісів, лісового фонду підприємств, типів лісу здійснювали за лісовпорядкувальними матеріалами 2016-2024 років. Аналіз здійснено для 11 ялицевих типів лісу, де ялина європейська є переважаючим деревним видом у складі природних і штучних деревостанів. Загалом було проаналізовано більше 40 тис. таксаційних виділів в ялицевих типах лісу. Назви типів лісу наведено за З.Ю. Герушинським (1996). У процесі аналізу зібраних матеріалів використано лісівничо-таксаційні та математико-статистичні методи дослідження.

Розподіл лісостанів ялини за площами і запасами деревини подано за назвами колишніх лісогосподарських одиниць.

Результати (Results).

Аналіз лісовпорядкувальних матеріалів за 2016-2024 рр. підтвердив доволі значні площі ялинових лісостанів, що ростуть в ялицевих типах лісу. За результатами аналізу, загальна площа лісостанів з перевагою у складі *Picea abies* в ялицевих типах лісу на території Івано-Франківської області становить 38,7 тис. га (табл. 1). Найбільша

частка ялиників припадає на експлуатаційні ліси (52,4%), значно менша – на протиерозійні ліси (14,4%), ліси заказників (10,4%), ліси зони регульованої рекреації Національних природних парків (7,6%) та ліси уздовж берегів річок, навколо озер, водойм (3,9%). Частка інших категорій лісів за участю ялини європейської незначна.

Більша частина ялинових лісостанів (69,6%) має штучне походження, тобто в ялицевих типах лісу цілеспрямовано створювали штучні ялиники.

При цьому найбільшу частку штучних ялиників встановлено саме в експлуатаційних лісах (73,5%). Тобто, ялину європейську, як основний лісотвірний деревний вид, вводили в ялицевих типах лісу з метою отримання значних обсягів деревини. При цьому лісівники керувалися двома основними аргументами: 1) ялина у цих типах лісу помітно переважає ялицю за інтенсивністю росту, нагромаджуючи значно більші обсяги деревини; 2) значно вищий попит на ялинову деревину, ніж на ялицеву.

Таблиця 1. Розподіл штучних і природних лісостанів *Picea abies* за їхніми функціями та значенням в ялицевих типах лісу Івано-Франківщини

Table 1. Distribution of Artificial and Natural *Picea abies* Stands by Their Functions and Significance in Fir Forest Types of Ivano-Frankivsk Region

Категорії лісів	Походження		Всього
	штучне	природне	
Експлуатаційні ліси	14928,6	5376,4	20305,0
Заказники	3587,6	424,1	4011,7
Заповідні лісові урочища	259,6	287,1	546,7
Інші захисні ліси	–	3,8	3,8
Ліси першої і другої зон округів санітарної охорони лікувально-оздоровчих територій	589,1	351,8	940,9
Ліси наукового призначення, в т.ч. генетичні резервати	2,0	–	2,0
Ліси протиерозійні	3512,0	2050,3	5562,3
Ліси у межах населених пунктів	10,1	0,9	11,0
Ліси уздовж берегів річок, навколо озер, водойм	833,9	675,2	1509,1
Ліси уздовж смуг відведення автомобільних доріг	77,3	99,2	176,5
Ліси уздовж смуг відведення залізниць	25,7	30,0	55,7
Лісогосподарська частина лісів зелених зон	632,6	213,4	846,0
Лісопаркова частина лісів зелених зон	66,1	12,8	78,9
Національні природні парки (господарська зона)	650,2	721,2	1371,4
Національні природні парки (заповідна зона)	31,3	98,2	129,5
Національні природні парки (зона регульованої рекреації)	1599,7	1361,5	2961,2
Національні природні парки (зона стаціонарної рекреації)	46,6	1,3	47,9
Пам'ятки природи	19,8	22,1	41,9
Рекреаційно-оздоровчі ліси поза межами зелених зон	95,1	31,6	126,7
Всього	26967,3	11760,9	38728,2

Важливим є той факт, що площа штучних ялиників над природними має суттєву перевагу і в інших категоріях лісів – лісах заказників (у 8,5 раза), протиерозійних лісах (в 1,7 раза), у лісах зони регульованої рекреації (в 1,2 раза) тощо. Найбільшу перевагу площі штучних ялиників над природними спостережено у лісах зони стаціонарної рекреації Парків (в 35,8 раза).

Ялинові деревостани в ялицевих типах лісу Івано-Франківської області на площі майже 39 тис. га нагромаджують доволі значний обсяг деревини – близько 13 млн м³, що становить в середньому 332 м³·га⁻¹ та є досить високим показником з урахуванням того, що він охоплює всі вікові групи ялинових деревостанів (табл. 2).

Таблиця 2. Розподіл насаджень *Picea abies* в ялицевих типах лісу у межах підприємств
 Table 2. Distribution of *Picea abies* Stands in Fir Forest Types within the Areas of Forestry Enterprises

Підприємство	Площа, га / %	Запас деревини, тис. м ³	Запас деревини, м ³ ·га ⁻¹
ДП «Брошнівський ЛГ»	6606,1 / 17,1	2479,31	375
ДП «Осмолодський ЛГ»	5283,5 / 13,6	1258,84	238
ДП «Вигодський ЛГ»	3977,1 / 10,3	1574,26	396
ДП «Солотвинський ЛГ»	3817,1 / 9,8	825,49	216
Карпатський НПП	2870 / 7,4	1230,99	428
ДП «Верховинський ЛГ»	2466,8 / 6,4	1085,96	440
ДО «Резиденція «Синьогора»	2258,7 / 5,8	797,73	353
СЛМНДПЗГ «Чорний ліс»	2221,8 / 5,7	610,67	275
ДП «Делятинський ЛГ»	1884,2 / 4,9	523,03	278
ДП «Гринявський ЛГ»	1540,3 / 4,0	601,91	391
Прикарпатський ВЛГ	1264,5 / 3,2	383,79	304
ДП «Надвірнянський ЛГ»	1108 / 2,9	463,87	418
ДП «Кутський ЛГ»	875,4 / 2,3	284,32	325
Верховинський РЛГ	527,7 / 1,4	219,98	417
ДП «Болехівський ЛГ»	502,3 / 1,3	139,97	278
Богородчанський САЛГ	498,5 / 1,3	70,99	142
ДП «Калуський ЛГ»	360 / 0,9	102,75	285
НПП «Гуцульщина»	306,9 / 0,8	132,66	432
Косівський райагроліс	96,5 / 0,3	15,4	16
Надвірнянський САЛГ	90,4 / 0,2	19,72	218
Долинський САЛГ	75,8 / 0,2	20,21	267
ДП «Івано-франківський ЛГ»	47,1 / 0,1	13,49	286
ДП «Коломийський ЛГ»	33,8 / 0,1	6,26	185
ДП «Ворохтянський ЛГ»	15,1 / –	3,81	252
Галицький НПП	0,6 / –	0,1	167
Всього	38728,2 / 100	12865,51	

Серед 25-ти підприємств досліджуваного регіону найбільші площі ялиників зосереджені у лісовому фонді чотирьох колишніх лісгоспів – Брошнівського, Осмолодського, Вигодського і Солотвинського, де ялина в ялицевих типах лісу посідає площу в 19684 га або 50,8%. У лісовому фонді цих підприємств запас стовбурової деревини ялини в яличинах і суяличинах становить 6137,9 тис. м³ або 47,7%.

Оскільки ялину вводили в ялицеві типи лісу з метою отримання високих запасів деревини, то важливим аспектом є встановлення показника запасу ялинових деревостанів на одиницю площі. За отриманими результатами, найвищі запаси деревини (375-440 м³·га⁻¹) притаманні ялиновим лісостанам, які ростуть на території природних парків та колишніх державних лісгоспів, найнижчі (142-267 м³·га⁻¹) – у лісовому фонді спеціалізованих агролісгоспів. Поряд з цим, у лісовому фонді окремих

державних підприємств (напр., Коломийського, Болехівського ЛГ) запаси деревини ялини дуже низькі (185 і 278 м³·га⁻¹), що може бути зумовлено як віковою структурою ялиників, так і інтенсивним лісгосподарським втручанням у зв'язку з втратою ялиною біотичної стійкості внаслідок кліматичних змін. Незважаючи на низькі показники запасу ялинової деревини у лісовому фонді окремих підприємств, середній запас деревини ялини загалом доволі високий і становить 332 м³·га⁻¹.

Деревостани з перевагою у складі ялини європейської обліковано в 11 ялицевих типах лісу (табл. 3). Найпоширенішою з них є лише волога смереково-букова суяличина, частка площі якої становить 74,2% від загальної площі. Відносно широко розповсюдженими є ще два типи лісу (індекси – С₃-бкЯц і D₃-см-бкЯц), частка площі яких становить 14,3% від загальної площі ялицевих типів лісу.

Таблиця 3. Площі і запаси стовбурової деревини ялинових лісостанів в ялицевих типах лісу
 Table 3. Areas and Growing Stock of Stem Wood in Spruce Stands in Fir Forest Types

№ з.п.	Індекс типу лісу	Площа, га	Запас, тис. м ³	Запас, м ³ ·га ⁻¹
1	С ₃ -см-бкЯц	28727,3	9599,02	334
2	С ₃ -бкЯц	2870	1230,99	430

Продовження таблиці 3

№ з.п.	Індекс типу лісу	Площа, га	Запас, тис. м ³	Запас, м ³ ·га ⁻¹
3	D ₃ -см-бкЯц	2653,3	956,68	361
4	C ₃ -д-бкЯц	1952	492,66	252
5	C ₄ -см-бкЯц	1327,3	251,36	189
6	D ₃ -бкЯц	529,9	147,9	279
7	C ₃ -г-бкЯц	355,4	101,76	286
8	D ₃ -г-бкЯц	181,2	53,2	294
9	C ₄ -дЯц	83,6	15,54	186
10	C ₂ -д-бкЯц	33,4	9,83	294
11	C ₃ -смЯц	14,8	6,57	444
Всього		38728,2	12865,51	

Найбільші запаси деревини на одиницю площі встановлено у двох типах лісу (індекси – C₃-бкЯц і C₃-смЯц), відповідно, 430 і 444 м³·га⁻¹. У двох інших типах лісу (індекси – C₃-см-бкЯц і D₃-см-бкЯц) запаси стовбурової деревини на одиницю площі дещо менші – 334 і 361 м³·га⁻¹.

Найнижчі запаси деревини спостережено в ялиниках двох типів лісу – сирі смереково-букової суяличини та сирі дубової суяличини (відповідно, 189 та 186 м³·га⁻¹), що можна пояснити незадовільним ростом ялини європейської в умовах надлишкового зволоження.

На інтенсивність росту та нагромадження деревини ялиновими деревостанами мають вплив експозиція і стрімкість схилу (Гриник, 2011; Гриник, Калинюк, 2011; Гриник Г., Гриник О., 2022). Ялиця біла є доволі вимогливим деревним видом до вологості повітря і ґрунту, тому її типи лісу формуються переважно на схилах північних експозицій (Швиденко, 1980). Поряд з цим, вирішальний вплив на біотичну стійкість деревостанів *Picea abies* в умовах зміни клімату виявляють саме умови зволоження. Результати оцінювання розміщення ялинових лісів за схилами показали, що мішані за складом і продуктивніші

ялинові деревостани частіше приурочені до північних експозицій, а чисті за складом – до південних (Лавний, Матушевич, 2022).

Аналіз приуроченості лісостанів *Picea abies* до схилів різних експозицій показав, що значні площі ялиників в ялицевих типах лісу (29,5%) зосереджені саме на рівнинних ділянках (табл. 4). Проте найбільша частка ялинових деревостанів виявлена на схилах північних експозицій (33,5%), дещо менша (28,3%) – на південних схилах. Найінтенсивніше всихання ялиників Г.Г. Гриник (2009) встановив саме на схилах південно-східної, південно-західної та північно-східної експозицій.

Аналізуючи запас деревини на одиницю площі, варто відзначити найвищі показники запасу на 1 га на схилах північно-західної, східної та західної експозицій (387-396 м³·га⁻¹). Помітно менші запаси деревини на одиницю площі спостережено на схилах південно-західної та південно-східної експозицій (372 і 373 м³·га⁻¹). Поряд з цим, перевага у запасі деревини на північних схилах проявляється не завжди. Наприклад, на північно-східному схилі запас деревини ялини доволі низький (359 м³·га⁻¹), що може бути зумовлено переважанням молодих ялинових насаджень або впливом лісгосподарських заходів.

Таблиця 4. Площі і запаси стовбурової деревини ялинових лісостанів в ялицевих типах лісу на схилах різних експозицій

Table 4. Areas and Growing Stock of Stem Wood in Spruce Stands in Fir Forest Types on Slopes of Different Exposures

№ з.п.	Експозиція схилу	Площа, га / %	Запас, тис. м ³	Запас, м ³ ·га ⁻¹
1	Рівнинні ділянки	11410,2 / 29,5	2585,22	227
2	Пн-Сх	5606 / 14,5	2014,9	359
3	Пн-Зх	4601,7 / 11,9	1820,89	396
4	Пд-Сх	4380,5 / 11,3	1629,64	372
5	Пд-Зх	4317,5 / 11,2	1612,26	373
6	Пн	2758,5 / 7,1	1052,32	381
7	Пд	2251,5 / 5,8	825,89	367
8	Зх	1718,3 / 4,4	664,6	387
9	Сх	1684 / 4,3	659,79	392
Всього		38728,2 / 100	12865,51	

Варто відзначити досить подібні значення запасу ялинових деревостанів на одиницю площі

(359-396 м³·га⁻¹) за винятком рівнинних площ. Результати досліджень демонструє рис. 1.

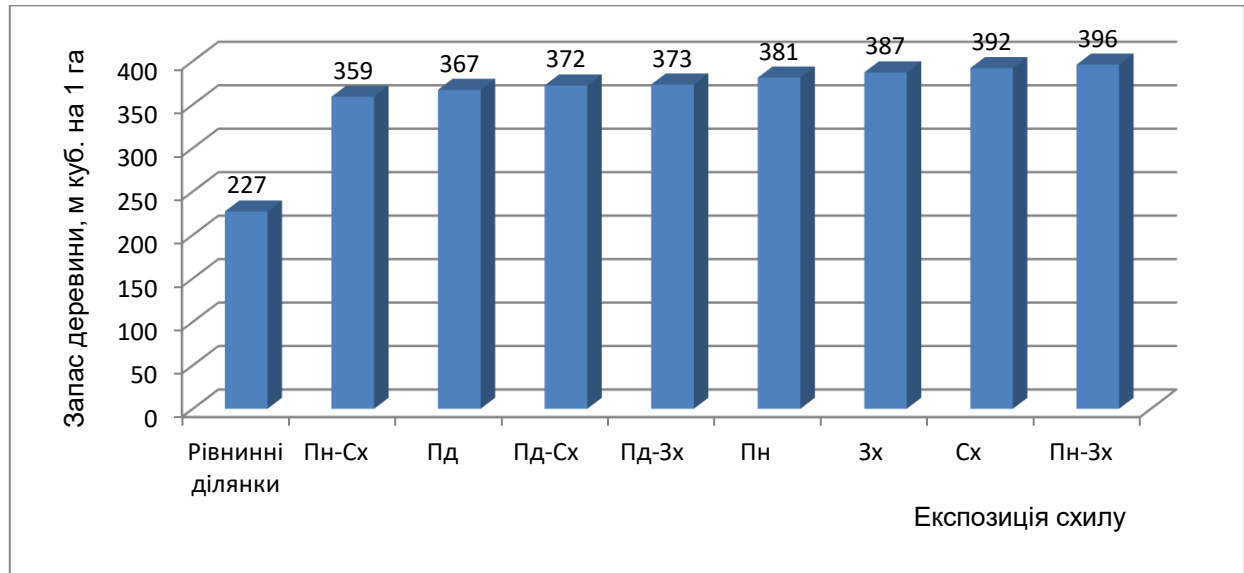


Рис. 1. Розподіл запасу деревини ялинових деревостанів в ялицевих типах лісу залежно від експозиції схилу

Fig. 1. Distribution of Timber Stock in Spruce Stands in Fir Forest Types Depending on Slope Aspect

Саме на рівнинних ділянках спостережено найнижчі запаси ялинових деревостанів. Пояснення може полягати в тому, що на рівнинних площах у передгірських і гірських умовах, де історично сформувалися ялицеві типи лісу, головною проблемою для ялини європейської є оглеєння ґрунту. Рівнинні ділянки часто є місцями акумуляції поверхневих або ґрунтових вод, що є причиною застійного зволоження. Ялина європейська є деревним видом, чутливим до застою вологи. Її коренева система поверхнева і страждає від нестачі кисню. Тому на таких ділянках ялина росте повільно, страждає від коренових гнилей, а густина її насаджень залишається низькою. Процеси оглеєння ґрунту та його оторфованість, зв'язаний з цим несприятливий водний режим, періодичне пересихання та перезволоження

поверхневого шару ґрунту зумовлюють задихання та відмирання коренів ялини, пошкодження фітопатогенами і як результат – її всихання (Голубець, 1978; Крамарець, Криницький, 2009; Криницький та ін., 2014; Шпарик, 2019).

Певний вплив на запас ялинових деревостанів виявляє і стрімкість схилів (табл. 5). Найбільшу частку площі займають ялинники, що ростуть на помірних за стрімкістю (спадистих) схилах та на рівнинних ділянках (35 і 30%). Стрімкі схили характеризуються переважно північними та південними експозиціями, на яких зосереджено 12-14% ялинових лісостанів. Частка ялинників на пологих схилах (до 10°) доволі низька (8,0%), а на дуже стрімких схилах північних і південних експозицій – найменша (1-2%).

Таблиця 5. Площі і запаси стовбурової деревини ялинових лісостанів в ялицевих типах лісу на схилах різної стрімкості

Table 5. Areas and Growing Stock of Stem Wood in Spruce Stands in Fir Forest Types on Slopes of Different Steepness

№ з.п.	Стрімкість схилу, град.	Площа, га / %	Запас, тис. м ³	Запас, м ³ ·га ⁻¹
1	11–20	13370,2 / 34,5	4866,77	364
2	Рівнинні ділянки	11410,2 / 29,5	2585,22	227
3	21–35 (північні)	5329,1 / 13,8	2196,67	412
4	21–30 (південні)	4542,1 / 11,7	1838,36	405
5	10 і менше	3084,3 / 8,0	898,42	291
6	Понад 30 (південні)	689,6 / 1,7	330,07	479
7	Понад 35 (північні)	302,7 / 0,8	150	495
Всього		38728,2 / 100	12865,51	

Запас деревини в ялинниках, що ростуть на схилах різної стрімкості, характеризується деякою подібністю до такого розподілу за експозицією. Так, найнижчий запас деревини на одиницю площі спостережено в ялинниках на рівнинних ділянках, а також на схилах стрімкістю до 10^0 . Вірогідно, на таких ділянках наявний застій ґрунтових вод, що виявляє негативний вплив на інтенсивність росту ялини і, відповідно, на нагромадження деревини. Дещо вищі запаси деревини ялинників спостережено на спади́стих схилах, помітно вищі – на стрімких і дуже стрімких схилах (див. табл. 5).

З воскою вірогідністю можна стверджувати, що найвищі запаси деревини в ялинниках, які ростуть на дуже стрімких схилах, зумовлені обмеженою господарською діяльністю в них. Поряд з цим, не вдалось встановити значних відмінностей у запасах ялинових деревостанів, які ростуть на південних і північних схилах, хоча у низці наукових робіт (Бігун, 1990; Шпарик, 2019; Лавний, Пелюх, 2019) підтверджено вищу стійкість ялинників на схилах північних експозицій з більш стабільним зволоженням. Результати досліджень відображено на рис. 2.

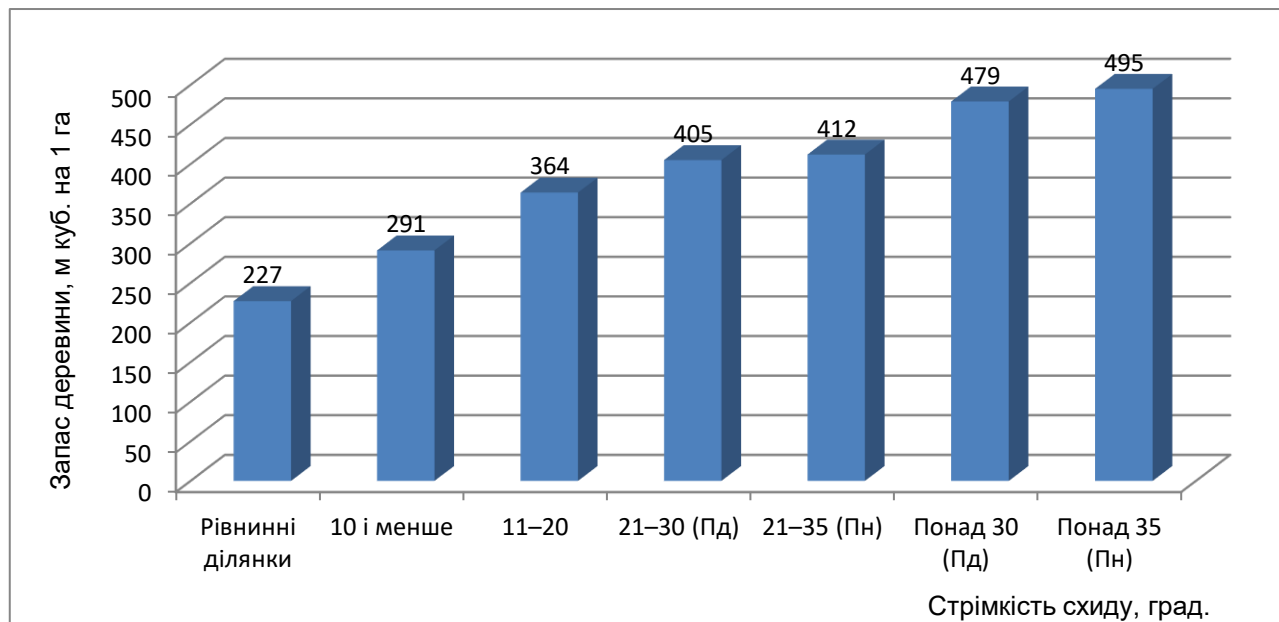


Рис. 2. Розподіл запасу деревини ялинових деревостанів в ялицевих типах лісу залежно від стрімкості схилу

Fig. 2. Distribution of Timber Stock in Spruce Stands in Fir Forest Types Depending on Slope Steepness

Дискусія (Discussion).

Ялину європейську в Українських Карпатах як головний лісотвірний деревний вид вирощують більше 130 років (Голубець, 1978). Тут її культивували у різних типах лісу протягом багатьох десятиліть. Часто на місці корінних деревостанів за участю ялини, ялиці та бука, у зв'язку із кон'юнктурою ринку, створювали похідні чисті ялинники. Створення монокультур ялини на місці корінних букових та ялицевих лісів також було однією із причин її масового всихання в Прикарпатті і в Зовнішніх Карпатах.

За М.А. Голубцем (1978), висока продуктивність, швидкий ріст і цінна деревина були вагомою причиною культивування ялини у різних типах лісу, в т.ч. в ялицевих та букових. Висока інтенсивність росту ялини в молодому віці дає можливість рано починати проміжне користування, отримати впродовж відносно коротких термінів прибуток від реалізації продукції (новорічні ялинки, середньо- та дрібнотоварна деревина) і таким чином частково окупити витрати, пов'язані з проведенням лісокультурних робіт.

Ялину також було вигідно культивувати з того погляду, що на зрубі з'являлось багато її підросту, як доповнення до лісових культур, у зв'язку з чим молоде насадження швидко зникалось і відновлювалось лісове середовище.

Результати наших попередніх досліджень (Дебринюк та ін., 2013; Форгіль, Дебринюк, 2023; Форгіль, Понепольяк, Дебринюк) показали, що ялина європейська є одним із перспективних деревних видів для культивування в яличинах і суяличинах впродовж обмеженого періоду часу з метою отримання значних обсягів деревини – значно вищих, ніж в умовах смеречин і су́смеречин. Особливість деревного виду нагромаджувати високі запаси деревини в ялицевих типах лісу було помічено давно, в зв'язку з чим ялину широко культивували в ялицевих типах лісу, насамперед у Карпатському регіоні Івано-Франківщини.

Зниження біотичної стійкості ялини європейської в останні десятиріччя пов'язано не лише культивуванням деревного виду в букових та ялицевих типах лісу, але й з негативними наслідками кліматичних змін. Результати впливу клімату на

продуктивність і стійкість ялинових лісів дискутується у численних роботах (Криницький, Крамарець, 2009; Jäger, 2020; Криницький та ін., 2014; Rimal, Djahangard, & Yousefpour, 2022; Лавний, Шніцлер, 2014), Tahvonena et al., 2010; Brandl et al., 2019; Шпарик, Парпан, 2020). Постійно зростаюча шкода, завдана ялиновим лісам Європи зміною клімату, змусила дослідників і менеджерів задуматися, чи можна ці ліси перетворити на стабільніші екосистеми. Hlásny et al. (2017) дійшли висновку, що вторинні ялинові ліси є дуже вразливими і що системи, запропоновані як керівниками лісового господарства, так і іншими регіональними зацікавленими сторонами, не змогли відчутно зменшити шкоду ялиновим лісам, стабілізувати їхній санітарний стан і виробництво лісу.

Незважаючи на пониження біотичної стійкості лісостанів за участю *Picea abies*, площа лісостанів за її участю та запас деревини в Українських Карпатах продовжують збільшуватися. Так, станом на 05.2010 р. ліси за участю ялини європейської в Івано-Франківській області займали загальну площу 229885,4 га із загальним запасом деревини 74,9 млн м³ (Слободян, 2010). Середній запас стовбурової деревини при цьому становив 326 м³·га⁻¹. Площа ялинників у 17 смерекових типах лісу становила 173954,3 га. Ялинові лісостани зосереджені переважно у семи типах лісу (індекси – В₃-кСм, В₃-См, С₃-бк-яцСм, С₃-бкСм, С₃-яцСм, С₃-См, Д₃-бк-яцСм), які охоплюють площу в 170983,6 га, що становить 98,3% від загальної площі смерекових типів лісу.

За новішими даними станом на 01.2018 р. (Лавний, Матушевич, 2022), загальна площа ялинових лісостанів на території Івано-Франківської області становила 258 тис. га, з яких 131,2 тис. га займали середньовікові деревостани. Загальний запас ялинових деревостанів становив 94,9 млн м³, а середній запас стовбурової деревини – 368 м³·га⁻¹.

Отже, впродовж восьми років зростання ялинових деревостанів за площею склало майже 11%, за запасом – 13%. На фоні всихання ялинових лісостанів, вилучення їх із букових та ялицевих типів лісу суцільними рубками, зростання площі і запасів не повинно би відбуватися. Отримані дані можуть бути зумовлені різними підходами щодо встановлення площ ялинових лісостанів або все ж таки продовженням культивування ялинових насаджень не лише в смерекових, але й в інших типах лісу. Вірогідно також, що на значних площах ялицевих типів лісу *Picea abies* могла відновитися природним шляхом і зайняти домінуюче положення в складі молодих лісостанів.

Дещо іншу тенденцію спостережено щодо зміни площі і запасів ялинових деревостанів в ялицевих типах лісу. Так, станом на 01.2013 р. на території Івано-Франківської області обліковано

50237,5 га насаджень з перевагою в складі ялини європейської в умовах суяличин та яличин (Дебринюк, Форгіль, Леснік, 2013). Загальний запас стовбурової деревини у цих насадженнях становив 15280,4 тис. м³, запас на 1 га – 304 м³. Площі і запаси деревини ялини у яличинах та суяличинах було встановлено для 10 типів лісу – всіх типів, які сформувалися у лісовому фонді Івано-Франківської області. Найпоширенішим типом лісу, де переважають насадження ялини, була волога смереково-букова суяличина (С₃-см-бкЯц), яка займала близько 66% площі досліджених типів лісу. Другим за поширеністю типом лісу, де переважали ялинові деревостани, була сира смереково-букова суяличина (С₄-см-бкЯц), яка посідала 21% цієї площі. На інші ялицеві типи лісу, де переважаючою породою була ялина, припадало трохи більше 13%. В цих двох типах лісу був зосереджений найбільший запас стовбурової деревини ялини – 62% від загального запасу.

Аналіз лісовпорядкувальних матеріалів за 2016-2024 рр. підтвердив доволі значні площі ялинових лісостанів, що ростуть в ялицевих типах лісу. За результатами аналізу, загальна площа лісостанів з перевагою у складі *Picea abies* в ялицевих типах лісу на території Івано-Франківської області складає 38,7 тис. га і запасом деревини близько 13 млн м³, що становить в середньому 332 м³·га⁻¹ та є досить високим показником з урахуванням того, що він охоплює всі вікові групи ялинових деревостанів.

Отже, порівняно з попереднім періодом спостереження, зниження площі під похідними ялинниками в ялицевих типах лісу склало 23%, зменшення запасу деревини – на 15%. Поряд з цим, спостережено збільшення запасу ялинової деревини на 1 га – з 304 до 322 м³ або на 6%.

Як і за спостереженнями у 2013 р., найбільша площа і запас ялинової деревини зосереджено в одному типі лісу – вологій смереково-буковій суяличині (28727,3 га і 9599,02 тис. м³ або 74,2 і 74,6% відповідно). Проте сира смереково-букова суяличина займає не друге, а лише п'яте місце (1327,3 га і 251,36 тис. м³ або 3,4 і 2%). Пояснення полягає у трансформації типу лісорослинних умов за гірстопом впродовж періоду спостереження на одну, а можливо, й на дві одиниці зволоження.

Для Карпатського регіону загалом площі похідних ялинників в умовах С₃-см-бкЯц значно більші – 44,6 тис. га (Парпан та ін., 2014).

Високий життєвий стан ялини в умовах яличин та суяличин забезпечується за високої повноти лісостану (Дебринюк, 2011). Розрідження деревостану сприяє кращому освітленню та прогріванню ґрунту, що, своєю чергою, стимулює розвиток шкідників і патогенів. Механічні пошкодження дерев під час проведення рубок догляду

пришвидшують і розвивають цей негативний процес (Дебринюк та ін., 2013; Форгіль, Дебринюк, 2023). Однак, за даними Г.Г. Гриника (2009), зі зменшенням відносної повноти деревостанів від 0,76 до 0,68 збільшується кількість неушкоджених (неослаблених) дерев. Інші дані (Олійник, Зейналян, 2020) свідчать про те, що найінтенсивніші процеси всихання у похідних ялиників починають проявлятися вже за повноти 0,6-0,8.

Створення похідних ялиників відбувалось не лише в Українських Карпатах. Так, у Словаччині природні мішані буково-ялицеві ліси були досить широко замінені ялиновими насадженнями, що зумовило певні зміни у біорізноманітті (Máliš, Vladovič, Čaboun, & Vodálová, 2010). Так, збільшення частки ялини спричинило значну поширеність ацидофілів та зменшення нітрофілів. Найвище біорізноманіття виявлено у мішаних насадженнях, де участь *Picea abies* становить менше, ніж половину. Проте частка ялини не зменшує видового різноманіття загалом, але спричиняє значні зміни у видовому складі.

У цьому напрямі істотного значення набуває заміна похідних ялиників та створення на їх місці деревостанів інших деревних видів. Як важливий елемент такої заміни може бути тимчасове вирощування на місці ялинового насадження швидкорослих та біотично стійких деревних видів (*Larix decidua*, *Larix Kaempferi*, *Pseudotsuga menziesii* тощо), що дасть змогу зменшити інфекційний фон (зокрема запас збудників коренових гнилей), знизити активність фітогельмінтів та оптимізувати нематодний комплекс ґрунту (Крамарець, Криницький, 2009). Для забезпечення відносно швидкого отримання деревної продукції, на місці похідних ялиників доцільно впроваджувати плантаційне лісовирощування із використанням цих швидкорослих, високопродуктивних та біотично стійких деревних видів.

Результати досліджень підтверджують, що найпродуктивнішими в ялицевих типах лісу є чисті ялиники, але вони мають значний недолік – понижено біотичну стійкість. Водночас чисті ялиники у яличинах та суяличинах нагромаджують за відносно короткий період часу значні обсяги деревини і саме в цих умовах можна створювати штучні насадження ялини з коротким оборотом рубки (Яцик, Бродович, Гаврусевич, 1994; Дебринюк та ін., 2013; Форгіль та ін., 2025). Обмежений період культивування забезпечить відносно високу стійкість ялини європейської.

Висновки (Conclusion).

1. Лісостани з перевагою в складі *Picea abies* в ялицевих типах лісу Івано-Франківської області займають площу 38,7 тис. га, де деревний вид має переважно штучне походження. Площа лісових

культур з перевагою у складі ялини становить майже 27 тис. га або 69,6%.

2. Ялиники досліджуваного регіону ростуть в 11-ти ялицевих типах лісу, найпоширенішим з яких є волога смереково-букова суяличина (74,2% від площі ялицевих типів лісу). Найвищі запаси деревини встановлено в умовах вологих букової та смерекової суяличин (відповідно, 430 і 444 м³·га⁻¹).

3. Найбільша площа ялиників в ялицевих типах лісу зосереджена на схилах північних експозицій (12966,2 га або 33,5%) та на рівнинних ділянках (11410,2 га або 29,5%). Найвищі запаси стовбурової деревини (387-396 м³·га⁻¹) притаманні ялиновим деревостанам, які ростуть на схилах північно-західної, східної та західної експозицій, найнижчі (227 м³·га⁻¹) – на рівнинних ділянках.

4. Найбільшу площу займають ялиники, що ростуть на спадистих схилах і рівнинних ділянках (13,4 і 11,4 тис. га або 35 і 30%). Площа ялиників на пологих схилах доволі низька (3,1 тис. га або 8%), а на дуже стрімких схилах північних і південних експозицій – найменша (0,7 і 0,3 тис. га або 2 і 1%). Найнижчий запас деревини на одиницю площі встановлено в ялиниках на рівнинних ділянках і на схилах стрімкістю до 10° (227 і 291 м³·га⁻¹). Найвищі запаси деревини на дуже стрімких схилах (479 і 495 м³·га⁻¹) зумовлені обмеженою господарською діяльністю в них.

5. Суттєвої відмінності у запасах деревини ялинових лісостанів, які ростуть на південних і північних схилах ялицевих типів лісу, не встановлено.

Конфлікт інтересів (Conflicts of Interest).

Автори заявляють про відсутність у них відомих конкуруючих фінансових інтересів чи особистих зв'язків, які могли б вплинути на результати, представлені у цій статті.

Список літератури (References)

- Brandl, S., Falk, W., Rötzer, T., & Pretzsch, H. (2019). Assessing site productivity based on national forest inventory data and its dependence on site conditions for spruce-dominated forests in Germany. *Forest Systems*, 28(2), e007. <https://doi.org/10.5424/fs/2019282-14423>
- Debryniuk, Iu. M. (2011). Drying-out of spruce forests: Causes and consequences. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University "Urbanization Processes in Mountain Landscapes and Ways of Their Regulation"*, 21(16), 32–38. http://nv.nltu.edu.ua/Archive/2011/21_16/index.htm [Дебринюк, Ю. М. (2011). Всихання смерекових лісів: причини та наслідки. *Науковий вісник НЛТУ України «Процеси урбанізації в гірських ландшафтах та шляхи їх регулювання»*, 21(16), 32–38.] (in Ukrainian)

- Debryniuk, Iu. M., Forgil, Ya. S., & Liesnik, V. V. (2013). Spruce as an object of plantation forestry in fir forest types of Ivano-Frankivsk region. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 23(5), 168–175. nv.nltu.edu.ua/Archive/2013/23_5/index.htm [Дебринюк, Ю. М., Форгіль, Я. С., Лєсник, В. В. (2013). Ялина як об'єкт плантаційного лісовирощування в ялицевих типах лісу Івано-Франківщини. *Науковий вісник НЛТУ України*, 23(5), 168–175.] (in Ukrainian)
- Forgil, Ya. S., & Debryniuk, Iu. M. (2023). Vital condition of *Picea abies* (L.) Karst. in spruce–fir stands of the Verkhovyna Forestry, branch “Verkhovyna Forestry Enterprise”. In *Scientific foundations for increasing the productivity and biological stability of forest and urbanized ecosystems: 73rd scientific and technical conference of academic staff, researchers, doctoral and postgraduate students* (pp. 111–116). Ukrainian National Forestry University. <https://drive.google.com/file/d/1eUpMAXcnJsesFtOCHSIvXmJqAt08FV5R/view> [Форгіль, Я. С., Дебринюк, Ю. М. (2023). Життєвий стан *Picea abies* (L.) Karst. в суяличинах Верховинського лісництва філії «Верховинське ЛГ». *Наукові основи підвищення продуктивності і біологічної стійкості лісових та урбанізованих екосистем: матеріали 73-ої наук.-тех. конф. професорсько-викладацького складу, наук. працівників, докторантів та аспірантів за підсумками 2022–2023 рр.*, 5 грудня 2023 р. Львів: ІЛСПГ НЛТУ України. С. 111–116.] (in Ukrainian)
- Forgil, Y. S., Ponepoliak, V. M., & Debryniuk, Iu. M. (2025). *Picea abies* (L.) Karst. as an object of plantation forest cultivation under conditions of fir and spruce–fir forest types. In *Key objectives of forestry science for forest management based on close-to-nature forestry principles in the mountain forests of the Ukrainian Carpathians: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference* (pp. 250–254). NAIR. <https://ukrimf.org.ua/wp-content/uploads/2025/12/zbirnyk-ukrindigirlis-1.pdf> [Форгіль, Я. С., Понепольяк, В. М., Дебринюк, Ю. М. (2025). *Picea abies* (L.) Karst. як об'єкт плантаційного лісовирощування в умовах яличин і суяличин. *Основні завдання лісівничої науки щодо ведення лісового господарства на засадах наближеного до природи лісівництва в гірських лісах Українських Карпат: матеріали Міжнарод. наук.-практ. конф. УкрНДГірліс*, м. Івано-Франківськ, 27 листопада 2025 р. Івано-Франківськ: НАІР. С. 250–254.] (in Ukrainian)
- Gerushynskyy, Z. Yu. (1996). Typology of forests of the Ukrainian Carpathians. *Piramida*. [Герушинський, З. Ю. (1996). *Типологія лісів Українських Карпат*. Львів: Піраміда. 208 с.] (in Ukrainian)
- Hlásny, T., Trombik, J., Bošela, M., Merganič, J., Marušák, R., Šebeň, V., ... Trnka, M. (2017). Climatic drivers of forest productivity in Central Europe. *Agricultural and Forest Meteorology*, 234–235, 258–273. doi.org/10.1016/j.agrformet.2016.12.024
- Holubets, M. A. (1978). *Spruce forests of the Ukrainian Carpathians*. Naukova dumka. [Голубець, М. А. (1978). *Ельники Украинских Карпат*. Киев: Наукова думка. 328 с.] (in Russian)
- Hrynyk, H. H. (2009). Analysis of the impact of climate change on the sanitary condition of spruce stands in the Ukrainian Carpathians. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 19(14), 271–285. nv.nltu.edu.ua/Archive/2009/19_14/271_Hry.pdf [Гриник, Г. Г. (2009). Аналіз впливу зміни кліматичних показників на санітарний стан ялинових деревостанів в Українських Карпатах. *Науковий вісник НЛТУ України*, 19(14), 271–285.] (in Ukrainian)
- Hrynyk, H. H. (2011). Forestry and forest mensuration characteristics of spruce stands in the Ukrainian Carpathians, taking into account the features of the terrain. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 21(12), 12–23. nv.nltu.edu.ua/Archive/2011/21_12/12_Hry.pdf [Гриник, Г. Г. (2011). Лісівничо-таксаційна характеристика ялинових деревостанів Українських Карпат з урахуванням особливостей рельєфу. *Науковий вісник НЛТУ України*, 21(13), 17–28.] (in Ukrainian)
- Hrynyk, H. H., & Hrynyk, O. M. (2022). Growth and productivity of European spruce stands in the Ukrainian Carpathians depending on the topography. *Spolom*. [Гриник, Г. Г., Гриник, О. М. (2022). *Ріст та продуктивність деревостанів ялини європейської в Українських Карпатах залежно від особливостей рельєфу*. Львів: Сполом. 260 с.] (in Ukrainian)
- Hrynyk, H. H., & Kalyniuk, Y. V. (2011). The influence of orographic factors on silvicultural and mensurational characteristics of mountain spruce stands (a case study of forest stands of the Brusturianske State Forestry Enterprise, Transcarpathian Regional Forestry and Hunting Administration). *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 21(1), 49–56. [Гриник, Г. Г., Калинюк, Ю. В. (2011). Дослідження впливу орографічних чинників на лісівничо-таксаційні показники гірських ялиників (на прикладі деревостанів ДП «Брустурянське ЛІМГ» Закарпатського ОДУЛІМГ). *Науковий вісник НЛТУ України*, 21(1), 49–56.] (in Ukrainian)
- Jäger, S. (2020). *Stand structure in a heterogeneous old-growth Norway spruce (Picea abies (L.) Karst.) forest in Northern Sweden* (Master's thesis, University of Gothenburg, Department of Earth Sciences). gupea.ub.gu.se/handle/2077/67002

- Kramarets, V. O., & Krynytskyi, H. T. (2009). Assessing the state and probable threats to the survival of spruce forests of the Carpathians due to climate change. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 19(15), 38–50. https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2009/19_15/38_Kra.pdf [Крамарець, В. О., Криницький, Г. Т. (2009). Оцінка стану та ймовірних загроз виживанню ялинових лісів Карпат у зв'язку із змінами клімату. *Науковий вісник НЛТУ України*, 19(15), 38–50.] (in Ukrainian)
- Krynytskyi, H. T., & Kramarets, V. O. (2009). The system of forestry measures to eliminate the consequences of mass drying of spruce trees in beech and fir types of the Carpathian forests. *Forestry and Forest Melioration*, 115, 256–260. <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/16451> [Криницький, Г. Т., Крамарець, В. О. (2009). Система лісівничих заходів щодо ліквідації наслідків масового всихання ялиників у буково-ялицевих типах лісу Карпат. *Лісівництво і агролісомеліорація*, 115, 256–260.] (in Ukrainian)
- Krynytskyi, H. T., Cherniavskyy, M. V., Derbal, Y. Y., Delehan, I. V., Myklush, S. I., Parpan, V. I., ..., Jaloviar, P. (2014). *Close-to-nature and multifunctional forest management in the Carpathian region of Ukraine and Slovakia*. PE “Kolo”. <http://www.forza.org.ua/uk/nablizhene-do-prirodi-ta-bagatofunkcionalne-vedennya-lisovogo-gospodarstva-v-karpatskomu-regioni> [Криницький, Г. Т., Чернявський, М. В., Дербаль, Ю. Ю., Делеган, І. В., Миклуш, С. І., Парпан, В. І., ... Яловіар, П. (2014). *Наближене до природи та багатofunkціональне ведення лісового господарства в Карпатському регіоні України та Словаччини*. Ужгород: ПП «Коло». 280 с.] (in Ukrainian)
- Lavnyy, V. V., & Matushevych, O. B. (2023). The dynamics of mensurational indicators of spruce stands on the north-eastern macroslope of the Ukrainian Carpathians. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 25, 98–112. <https://doi.org/10.15421/412307> [Лавний, В. В., Матушевич, О. Б. (2023). Динаміка таксаційних показників ялинових деревостанів на північно-східному макросхилі Українських Карпат. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 25, 98–112.] (in Ukrainian)
- Lavnyy, V. V., & Matushevych, O. B. (2022). Typological structure and productivity of spruce forests in the Ukrainian Carpathians. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 24, 66–78. <https://doi.org/10.15421/412206> [Лавний, В. В., Матушевич, О. Б. (2022). Типологічна структура і продуктивність ялинових лісів Українських Карпат. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 24, 66–78.] (in Ukrainian)
- Lavnyy, V. V., & Peliukh, O. R. (2019). Distribution and analysis of the state of secondary spruce stands of the Ukrainian Carpathians. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 19, 49–56. <https://doi.org/10.15421/411927> [Лавний, В. В., Пелюх, О. Р. (2019). Поширення та аналіз стану похідних ялинових деревостанів в Українських Карпатах. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 19, 49–56.] (in Ukrainian)
- Lavnyy, V. V., & Schnitzler, G. (2014). Experience of conversion cuttings in the spruce forests of Germany. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 12, 73–78. <http://fasu.nltu.edu.ua/index.php/nplanu/article/view/138> [Лавний, В. В., Шніцлер, Г. (2014). Досвід проведення рубок переформування в ялинових лісах Німеччини. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 12, 73–78.] (in Ukrainian)
- Máliš, F., Vladovič, J., Čaboun, V., & Vodálová, A. (2010). The influence of *Picea abies* on herb vegetation in forest plant communities of Veporské vrchy Mts. *Journal of Forest Science*, 56(2), 58–67. <https://doi.org/10.17221/39/2009-JFS>
- Matushevych, O. B. (2022). Silvicultural characteristics and taxation indices of spruce stands on the north-east megaslope of the Ukrainian Carpathians in main forest types. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 32(5), 28–35. <https://doi.org/10.36930/40320504> [Матушевич, О. Б. (2022). Лісівнича характеристика і таксаційна оцінка ялинових деревостанів північно-східного макросхилу Українських Карпат у панівних типах лісу. *Науковий вісник НЛТУ України*, 32(5), 28–35.] (in Ukrainian)
- Oliinyk, V. S., & Zeinalian, A. M. (2020). Forestry and forest mensurational features of drying of spruce plantations in the basin of the Bystrytsia Solotvynska river. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 30(3), 9–12. <https://doi.org/10.36930/40300301> [Олійник, В. С., Зейналян, А. М. (2020). Лісівничо-таксаційні особливості всихання ялинових насаджень у басейні річки Бистриця Солотвинська. *Науковий вісник НЛТУ України*, 30(3), 9–12.] (in Ukrainian)
- Parpan, V. I., Shparyk, Yu. S., Slobodian, P. Ya., Parpan, T. V., Korzhov, V. L., Brodovych, R. I., ..., Cheban, I. D. (2014). Features of forestry in the spruce trees of the Ukrainian Carpathians. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 12, 20–28. <http://fasu.nltu.edu.ua/index.php/nplanu/issue/view/6> [Парпан, В. І., Шпарик, Ю. С., Слободян, П. Я., Парпан, Т. В., Коржов, В. Л., Бродович, Р. І., ... Чебан, І. Д. (2014). Особливості ведення лісового господарства в похідних ялиниках Українських Карпат. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 12, 20–28.] (in Ukrainian)

- Pelyukh, O., Zahvoyska, L., Maksymiv, L., & Paletto, A. (2019). Stakeholders' interests and roles in the context of secondary Norway spruce forest conversion: Ukrainian Carpathians case study. *Bulletin of the Transilvania University of Brasov. Series II: Forestry, Wood Industry, Agricultural Food Engineering*, 12(1), 59–72. <https://doi.org/10.31926/but.fwiafe.2019.12.61.1.5>
- Rimal, S., Djahangard, M., & Yousefpour, R. (2022). Forest management under climate change: A decision analysis of thinning interventions for water services and biomass in a Norway spruce stand in South Germany. *Land*, 11, 446. <https://doi.org/10.3390/land11030446>
- Slobodian, P. Ya. (2010). Substantiation of the need to increase the area of native spruce forests in the Ivano-Frankivsk region. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 20(9), 51–55. https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2010/20_9/51_Slobodian_NV_20_9.pdf [Слободян, П. Я. (2010). Обґрунтування необхідності збільшення площ корінних ялиників Івано-Франківської області. *Науковий вісник НЛТУ України*, 20(9), 51–55.] (in Ukrainian)
- Shparyk, Yu. S. (2019). Forecast of drying of spruce trees in the Ukrainian Carpathians by forest types. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 19, 79–88. <https://doi.org/10.15421/411929> [Шпарик, Ю. С. (2019). Прогноз всихання ялиників в Українських Карпатах за типами лісу. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 19, 79–88.] (in Ukrainian)
- Shparyk, Yu. S., Krynytskyi, H. T., & Debryniuk, Iu. M. (2020). Trends in the dynamics of types of forest vegetation conditions and species composition of stands in the Ukrainian Carpathians in connection with climate change. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 20, 82–92. <https://doi.org/10.15421/412008> [Шпарик, Ю. С., Криницький, Г. Т., Дебринюк, Ю. М. (2020). Тенденції динаміки типів лісорослинних умов і породного складу деревостанів Українських Карпат у зв'язку зі змінами клімату. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 20, 82–92.] (in Ukrainian)
- Shparyk, Yu. S., & Parpan, T. V. (2020). Trends in drying of spruce trees in the Ukrainian Carpathians drawing on the example of moist beech-fir spruce stands. *Forestry and Forest Melioration*, 136, 37–45. <https://doi.org/10.33220/1026-3365.136.2020.37> [Шпарик, Ю. С., Парпан, Т. В. (2020). Тенденції всихання ялиників Українських Карпат на прикладі вологої буково-ялицевої сусмеречини. *Лісівництво і агролісомеліорація*, 136, 37–45.] (in Ukrainian)
- Tahvonena, O., Pukkala, T., Laihoc, O., Lähde, E., & Niinimäki, S. (2010). Optimal management of uneven-aged Norway spruce stands. *Forest Ecology and Management*, 260(1), 106–115. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.04.006>
- Yatsyk, R. M., Brodovych, R. I., & Havrusevych, A. M. (1994). Ways to increase the productivity of Carpathian forests. In *Proceedings of the 46th Scientific and Technical Conference* (pp. 268–269). Ukrainian State Forestry Engineering University. [Яцик, Р. М., Бродович, Р. І., Гаврусевич, А. М. (1994). Шляхи підвищення продуктивності карпатських лісів. *Матеріали 46-ої наук.-техн. конференції* (12–13 грудня 1994 р.). Львів: УкрДЛТУ. С. 268–269.] (in Ukrainian)

Distribution of *Picea abies*-Containing Forest Stands in Silver Fir Forest Types of Ivano-Frankivsk Region

Ya. Forgil¹, Iu. Debryniuk²

Picea abies (L.) Karst. is a promising tree species for cultivation in silver-fir forests and fairly fertile silver-fir forest types over a limited period of time with the aim of obtaining substantial volumes of timber—exceeding those achieved under conditions of spruce forests and fairly fertile spruce-forest types. The capacity of Norway spruce to accumulate high growing stocks in silver-fir forest types has long been

recognized, that is why this tree species has been widely cultivated within the silver-fir forest types of Ivano-Frankivsk region.

Picea abies-dominant forest stands within the silver-fir forest types of Ivano-Frankivsk region cover an area of 38.7 thousand ha. In this region, the species is predominantly of artificial origin. The area of spruce-dominant forest plantations is nearly 27

¹ Yaroslav Forgil – PhD student at the Department of Forest Cultures and Forest Tree-breeding. Ukrainian National Forestry University. 103 General Chuprynka St., Lviv, 79057, Ukraine. E-mail: Yaroslav.Forgil@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-2236-1793>

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

thousand ha, accounting for 69.6% of the total. Spruce stands in the study area occur across 11 silver-fir forest types. The most widespread is the moist spruce-beech stand of fairly fertile silver-fir forest type, accounting for 74.2% of the area of silver-fir forest types. The highest growing stocks were recorded in moist beech stand and in moist spruce stand of fairly fertile silver-fir forest types (430 and 444 $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, respectively).

Compared to the 2013 research findings, the area of secondary spruce stands within silver-fir forest types has decreased by 23%, while the total growing stock has declined by 15%. Concurrently, an increase in the spruce growing stock per hectare was observed – from 304 to 322 $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, or 6%.

As observed in 2013, the largest area and growing stock of spruce are concentrated in a single forest type: the moist spruce-beech stands of fairly fertile silver-fir forest type (28,727.3 ha and 9,599.02 thousand m^3 , or 74.2% and 74.6%, respectively). However, the wet spruce-beech stands of fairly fertile silver-fir forest type, in terms of their extent, now rank fifth in prevalence instead of second, covering 1,327.3 ha and accounting for 251.36 thousand m^3 , or 3.4% and 2%, respectively. This is explained by the transformation of the forest site type according to the hygrotone during the observation period by one, or possibly even two, units of moisture.

The largest area of spruce stands within silver-fir forest types is concentrated on north-facing slopes (12,966.2 ha or 33.5%) and on flat terrain (11,410.2 ha or 29.5%). The highest stemwood volumes (387–396 $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$) are characteristic of spruce stands growing on slopes with northwestern, eastern, and western exposures, while the lowest (227 $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$) occur on flat terrain.

The largest areas are occupied by spruce stands growing on gentle slopes and flat terrain (13.4 and 11.4 thousand ha, or 35% and 30%, respectively). The area of spruce stands on moderately sloping terrain is relatively small (3.1 thousand ha, or 8%), while on very steep slopes with northern and southern exposures it is the smallest (0.7 and 0.3 thousand ha, or 2% and 1%, respectively).

The lowest growing stock per unit area was recorded in spruce stands on flat terrain and on slopes with a steepness of up to 10° (227 and 291 $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, respectively). The highest growing stocks, found on very steep slopes (479 and 495 $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$), are attributed to limited forest management activities in these areas.

No significant difference was found in the growing stocks of spruce stands growing on southern and northern slopes within silver-fir forest types.

Key words: Norway spruce; forest stand area; growing stock; forest categories; natural forest stands; forest plantations; slope aspect; slope gradient.

3. ЛІСОВІ КУЛЬТУРИ, ФІТОМЕЛІОРАЦІЯ, СЕЛЕКЦІЯ ТА САДОВО-ПАРКОВЕ ГОСПОДАРСТВО



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

<http://fasu.nltu.edu.ua>
<https://doi.org/10.36930/412530>
Article received 2025.03.21
Article revised 2025.10.15
Article accepted 2025.10.23
Article published 2026.03.14

ISSN 1991-606X print
ISSN 2616-5015 online
@ ✉ Correspondence author
Svitlana Los
svitlana_los@ukr.net
86 Hryhoriy Skovoroda St.,
Kharkiv, 61024, Ukraine

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 (CC BY 4.0) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)



УДК 630.165.6

Комплексне оцінювання перспективності культивування *Quercus rubra* L. у лісових насадженнях Черкащини

С.А. Лось¹, Л.І. Терещенко², О.С. Забродоцький³, В.Г. Григор'єва⁴

Проаналізовано площі деревостанів дуба червоного та їх розподіл за складом, віком і типами лісорослинних умов у Черкаському надлісництві філії «Центральний лісовий офіс» та у Черкаській області. Так, частка лісових культур дуба червоного у філії «Черкаське лісове господарство» дорівнювала 0,47% від загальної площі лісових насаджень підприємства та 0,54% – по області. Здебільшого коефіцієнт участі виду становив 1-2 одиниці у складі. Як домішка у деревостанах із домінуванням *Quercus rubra* L. траплялися ясен звичайний, береза повисла, дуб звичайний та інші аборигенні листяні деревні види.

¹ Лось Світлана Анатоліївна – член-кореспондент Лісівничої академії наук України, кандидат сільськогосподарських наук, завідувач відділу селекції, генетики та біотехнології. Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г.М. Висоцького, вул. Григорія Сковороди, 86, м. Харків, 61024, Україна. E-mail: svitlana_los@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6341-2745>

² Терещенко Лариса Іванівна – кандидат сільськогосподарських наук, провідний науковий співробітник відділу селекції, генетики та біотехнології. Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г.М. Висоцького, вул. Григорія Сковороди, 86, м. Харків, 61024, Україна. E-mail: larisa_tereshchenko@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5203-518X>

³ Забродоцький Олександр Степанович – викладач, Черкаський державний технологічний університет, бульвар Шевченка, 460, м. Черкаси, 18006, Україна. E-mail: krasavchik19782003@gmail.com

⁴ Григор'єва Вікторія Георгіївна – кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник. ДП «Харківська лісова науково-дослідна станція» Українського науково-дослідного інституту лісівництва та агролісомеліорації ім. Г.М. Висоцького, вул. Григорія Сковороди, 86, м. Харків, 61024, Україна. E-mail: grygorye@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-9367-4612>

Підтверджено високу інтенсивність росту та продуктивність дуба червоного в умовах Черкащини. Бонітет переважної більшості деревостанів характеризується I класом і вище. Запас деревини крапчих з них у віці 55-69 років становить понад 400 м³/га. Деревостани з найнижчими таксаційними показниками характеризувалися високою густотою. Аналіз селекційної структури обстежених насаджень вказує на високу якість стовбурів дуба червоного майже на всіх пробних площах.

Результати балового комплексного оцінювання підтвердили придатність виду для створення лісових культур і захисних насаджень в умовах Правобережного Лісостепу. Сім деревостанів із 12 відповідали вимогам щодо плюсових насаджень. Рекомендовано відбір у цих насадженнях плюсових дерев.

Засвідчено наявність природного поновлення *Quercus rubra* на території 95% обстежених деревостанів, але кількісно переважав самосів віком до трьох років. Загалом, на території Черкаського надлісництва інтенсивність природного поновлення дуба червоного під наметом деревостанів та за їх межами вказує на низькій рівень інвазійної активності виду.

Ключові слова: дуб червоний; таксаційні показники; інтенсивність росту; якість стовбурів; стан; природне поновлення.

Вступ (Introduction).

Серед листяних видів північноамериканського походження дуб червоний (*Quercus rubra* L.) (синоніми – д. бореальний, д. північний – *Quercus borealis* Michx), за даними Держлісагенства, посідає друге місце за поширенням в Україні після робінії звичайної. Однією з причин успішної адаптації виду в умовах інтродукції є його висока екологічна пластичність, зумовлена широким природним ареалом, який охоплює центральну і східну частини США та південь Канади, де він росте на ділянках із середнім зволоженням, переважно на рівнинах і плато (Archambault, Burton, & Witter, 1990). На півночі США дуб червоний є основним компонентом лісів за участю сосни Веймутової (*Pinus strobus* L.) та клена червоного (*Acer rubrum* L.). Деревину дуба червоного використовують для виготовлення меблів, підлоги, архітектурних та декоративних столярних виробів. Ще з давніх часів індіанське плем'я Потаватом застосовувало кору червоного дуба для лікування ран, флюсів, болю в горлі, опіків і висипань (Northern Red Oak).

В Європу дуб червоний був завезений у 1691 р. до Швейцарії, а пізніше – до Бельгії та Нідерландів. Спочатку його використовували як декоративну рослину, а в лісові насадження почали впроваджувати лише наприкінці XIX ст. (Vor et al., 2015; Івченко, 2002). На сьогодні загальна площа лісів за участю цього виду в Європі становить близько 350 тис. га (Nicolescu et al., 2020) або 1,3% від загальної площі європейських лісів. І хоча його деревина нижчої якості, ніж у місцевих дубів (Zeidler, & Borůvka, 2016), вона має широкий спектр використання: у будівництві, виробництві меблів, столярних виробів, шпону, залізничних шпал, піддонів, ящиків тощо (Vansteenkiste, Boever, & Van Acker, 2005). Дуб червоний вирощують у 24 країнах ЄС (Brus et al., 2019). Водночас у Чехії, Словенії, Польщі і Литві вид має статус інвазійного, а в Німеччині, Словаччині, Нідерландах, Бельгії, Болгарії – потенційно інвазійного (Pyšek, et al., 2012; Woziwoda,

Kopeć, & Witkowski, 2014). З одного боку, *Quercus rubra* виявив високий адаптаційний потенціал і є важливим джерелом деревини в багатьох країнах помірної зони (Nicolescu et al., 2020), з іншого – відомо про його негативний вплив на чисельність рослин трав'яного вкриття у листяних лісах через повільне розкладання підстилки з його листя (Stanek, Piechnik, & Stefanowicz, 2020). На користь червоного дуба вказує те, що за результатами більш ніж 250 років його вирощування та більш ніж 130 років систематичних випробувань, у Німеччині деревостани цього деревного виду характеризуються високою стійкістю до абіотичних та біотичних чинників і вищими запасами та якістю деревини, ніж місцеві листяні види у різних умовах росту (Vor et al., 2015). Отже, питання переваг і недоліків *Quercus rubra* до цього часу залишається дискусійним.

В Україну дуб червоний було інтродуковано у 1809 р. в Основ'янський (Краснокутський) дендропарк (Кохно, Курдюк, 1994). За матеріалами лісовпорядкування 2020 р., загальна площа насаджень в Україні за перевагою в складі дуба червоного становить 66,72 тис. га. Площі таких деревостанів в окремих областях становлять від повної відсутності (Херсонська область) до 15 тис. га (Львівська область). Найбільшу частку насаджень *Quercus rubra* від загальної площі лісостанів зафіксовано у Львівській області – 3,4% (Hayda et al., 2022).

В Україні дуб червоний у деревостанах різного складу характеризується високою продуктивністю (Гурский, 1983; Майборода, 2016). Його використовують для створення насаджень різного цільового призначення. Зокрема в умовах Черкащини він виявився перспективним для вирощування на деградованих землях (Проценко, Лобченко, Юхновський, 2019). Перевагою дуба червоного перед дубом звичайним є його висока стійкість до борошнистої роси (*Microspora alphitoides* Griffon & Maubl.) та відсутність ураження жолудів жолудевим довгоносом (*Curculio glandium* Marsham.) (Каплуновский, 1966).

Існує думка щодо високої інвазійності цього деревного виду (Протопопова, Шевера, 2019) через здатність давати рясний самосів. Дослідження видового багатства рослинних угруповань чистих насаджень *Quercus rubra*, проведені науковцями Інституту ботаніки, засвідчило найнижче видове багатство рослинних угруповань під наметом чистих насаджень дуба червоного порівняно з іншими природними деревостанами. Зокрема встановлено зменшення загальної кількості видів у таких фітоценозах з 30-40 до 17, а проєктивного вкриття інших видів – до 5%. Причинами цього явища автори вбачають у наявності густого самосіву дуба та щільного опадку його листя, яке повільно розкладається (Kucher et al., 2023). Засвідчено, що *Quercus rubra* становить загрозу для рослинного покриву об'єктів природно-заповідного фонду України (Зав'ялова, 2017).

Подібні результати дослідження лісів за участю дуба червоного в Центральній Європі отримано словацькими вченими (Májeková et al., 2023). Польські дослідники (Woś, Józefowska, & Wanic, 2023), вивчаючи пошкоджені пожежею ділянки, підтвердили більшу масу органічних горизонтів під насадженнями *Quercus rubra*, ніж під деревостанами місцевих видів дубів. Автори вважають, що інтродукція деревного виду у природні мішані дубово-грабові лісостани може суттєво змінити органічні горизонти та спричинити перехід підстилки від форми Mull до форми Moder. І якщо у Центральній Європі *Quercus rubra* демонструє інтенсивну регенерацію навіть під наметом із тінювитривалих дерев, то в умовах природного ареалу (Північна Америка) червоний дуб незадовільно відновлюється через нездатність конкурувати із тінювитривалими видами (Major et al., 2013).

Зазначені аспекти вказують на необхідність глибшого вивчення особливостей росту, розвитку та природного поновлення дуба червоного в умовах інтродукції у різних регіонах України та об'єктивного комплексного оцінювання перспективності його культивування.

Мета роботи полягала у оцінюванні перспективності культивування *Quercus rubra* на Черкащині за відносними показниками висоти і діаметра, часткою дерев І і II селекційних категорій, індексом стану насаджень, часткою багатостовбурових дерев та інтенсивністю природного поновлення.

Об'єкти і методика дослідження (Objects and methods).

Об'єкт дослідження – перспективність *Quercus rubra* для створення лісових насаджень в умовах Черкащини. *Предмет досліджень* – ріст і наявність природного поновлення деревного виду.

На підготовчому етапі досліджень проаналізовано матеріали повидільної бази даних ВО «Укрдержліспроєкт» Черкаської обл. та, зокрема, Черкаського надлісництва філії «Центральний лісовий офіс». Визначено площі та розташування наявних деревостанів дуба червоного у межах лісництв. Здійснено розрахунки розподілу площ деревостанів дуба червоного за складом, бонітетом і типами лісорослинних умов. Попередньо встановлено ділянки для натурних обстежень.

Для детального обстеження відібрано деревостани переважно площею понад один гектар та з часткою цільового виду більше 50% у складі за запасом. Закладено 12 пробних площ (ПП) у Білозірському, Дахнівському, Закревському і Свидівському лісництвах в умовах В₂, С₂, D₂ і D₃ (табл. 1). Серед пробних площ шість закладено у молодняках II класу віку, чотири – у середньовікових і дві – у пристиглих деревостанах.

Таблиця 1. Загальна характеристика насаджень *Quercus rubra* в Черкаському надлісництві, в яких були закладені пробні площі

Table 1. General characteristics of Northern red oak forest plantations in the Cherkasy Forestry Management Unit, in which sample plots were established

№ ПП	Лісництво, кв./вид.	Площа, га	ТЛУ	Вік, років	Склад деревостану за даними пробних площ
1	Білозірське, 213/23	1,3	C ₂	55	10Дчр + Лпд, поод. Клг, Клп
2	Білозірське, 214/7	1,0	C ₂	23	9Дз1Кля
3	Білозірське, 223/17	1,1	C ₂	34	9Дчр1Лпд + Кля, Взш
4	Дахнівське, 65/18	3,2	B ₂	30	7Дчр3Бп + Яз
5	Закревське, 5/8	3,0	D ₂	44	7Дчр2Яз1Гз
6	Закревське, 4/10	1,4	D ₂	55	9Дчр1Клг + Лпд
7	Закревське, 38/4	2,6	D ₂	69	10Дчр + Лпд, Гз
8	Закревське, 41/14	3,5	D ₂	67	10Дчр + Клг, Клп

№ ПП	Лісництво, кв./вид.	Площа, га	ТЛУ	Вік, років	Склад деревостану за даними пробних площ
9	Закревське, 42/6	4,9	D ₂	35	10Дчр + Грш, Вш, Шкб
10	Закревське, 44/1	29	D ₂	59	6Дчр2Дз1Клг1Лпд
11	Свидівське, 15/32	6,0	D ₃	36	10 Дчр
12	Свидівське, 27/6	1,0	C ₂	51	8Дчр2Гз + Бп, Клг, Лпд

Під час натурального обстеження деревостанів враховували пошкодження і стан дерев, ступінь захаращення ділянки, порушення підстилки, а також наявність і кількість природного поновлення. Обстеження деревостанів здійснювали за комплексом показників, із закладанням пробних площ за загальноприйнятими таксаційними методиками (Вороб'єв, 1969; Інструкція з впорядкування..., 2006; Білоус та ін., 2020), з додатковим визначенням якісних показників (селекційна категорія, прямизна стовбура, наявність вад), інтенсивності репродукції тощо. Закладали переважно лінійні пробні площі вздовж трансект, прокладених по діагоналі виділу або за обліковими рядами (Волосянчук та ін., 2003; Лось та ін., 2019). На пробних площах здійснювали подеревне вимірювання діаметра стовбура на висоті 1,3 м. За наявності багатостовбурності відзначали кількість стовбурів для дерева, надалі розраховували частку дерев із декількома стовбурами.

Показники середніх діаметра і висоти дуба червоного, визначених за результатами закладання пробних площ, порівнювали з таксаційними показниками місцевих насаджень дуба звичайного відповідного віку (контроль). Інтенсив-

ність росту оцінювали за різницею між показниками насаджень і контролю у відсотках. Тип лісорослинних умов уточнювали безпосередньо на ділянках.

Селекційне оцінювання деревостанів базувалося на визначенні частки дерев I і II селекційних категорій (Волосянчук та ін., 2003; Лось та ін., 2019).

Комплексне оцінювання насаджень здійснювали на основі суми балів, визначених за відносними показниками висоти і діаметра, за часткою дерев I і II селекційних категорій, індексом стану насаджень (Лось та ін., 2019) та часткою багатостовбурних дерев (табл. 2). Підсумкове оцінювання здійснювали за наступною шкалою придатності для створення насаджень певного цільового призначення: 1) малоперспективні (5,0-11,5 бала); 2) відносно перспективні (11,6-18,5 бала); 3) перспективні (18,6-25,0 балів). Деревостани останньої категорії рекомендовано залучити до постійної лісонасінної бази (ПЛНБ), з можливим наданням їм статусу плюсових насаджень або постійних лісонасінних ділянок. У таких деревостанах рекомендовано здійснити відбір плюсових дерев (Лось та ін., 2019).

Таблиця 2. Шкала комплексного оцінювання деревостанів
Table 2. The scale for comprehensive assessment of stands

Бали	Інтенсивність росту за висотою	Інтенсивність росту за діаметром	Якість стовбурів	Стан, бали	Частка багатостовбурових дерев, %
1	Повільнорослі (поступаються контролю на 10,1% і більше)	Повільнорослі (поступаються контролю на 30,1% і більше)	Дерева I-II селекційних категорій відсутні	4,5-5,0	81 – 100
2	Відносно середньорослі (поступаються контролю на 4,0-10,0%)	Відносно середньорослі (поступаються контролю на 10,0-30,0 %)	Частка дерев I-II селекційних категорій 1-10,0%	3,5-4,4	61 – 80
3	Середньорослі (на рівні контролю, різниця до 4,0 %)	Середньорослі (на рівні контролю, різниця до 10,0%)	Частка дерев I-II селекційних категорій 10,1-15,0%	2,5-3,4	41 – 60
4	Відносно швидко-рослі (перевершують контроль на 4,0-10,0 %)	Відносно швидко-рослі (перевершують контроль на 10,0-30,0 %)	Частка дерев I-II селекційних категорій 15,1-20,0%	1,5-2,4	21 – 40
5	Швидко-рослі (перевершують контроль на 10,1% і більше)	Швидко-рослі (перевершують контроль більш ніж на 30,1%)	Частка дерев I-II селекційних категорій 20,1% і більше	1,0-1,4	0 – 20

Одним із найважливіших показників інвазійної активності інтродукованих (чужорідних) видів є їхня здатність до природного поновлення та його інтенсивність. Для встановлення інтенсивності природного поновлення було використано методику, яка базується на обліку кількості життєздатного підросту та самосіву згідно «Рекомендацій щодо відтворення природних деревостанів у рівнинних лісах та лісах Гірського Криму» (Кобець та ін., 2017; Los, Tereshchenko, & Petrenko, 2022). Для цього було закладено 26 облікових майданчиків (ОМ) у лісових культурах *Quercus rubra* різного віку та на територіях, прилеглих до обстежених виділів. Водночас враховували також кількість паростевих екземплярів вегетативного поновлення. Добре поновлення на ОМ (більше 10 тис. шт./га віком понад три роки) свідчить про дуже високу інвазійну активність виду, задовільне (від 5 тис. шт./га) – високу, недостатнє (1,5-5 тис. шт./га) – середню, незадовільне (до 1,5 тис. шт./га) – низьку. Наявність екземплярів віком до чотирьох років не обліковували з огляду на те, що відсутність рослин, старших ніж три роки свідчить про те, що переважна більшість екземплярів під наметом гине і не становить загрози для біоценозу.

Інтенсивність природного поновлення *Quercus rubra* на території господарства визначали на основі узагальнення показників кожного обстеженого виділу, зокрема розраховували частку деревостанів із певною інтенсивністю поновлення – кількістю життєздатного підросту та самосіву трьох груп віку (1 – 3, 4–8 та 9–15 років).

Здійснювали порівняння показників природного поновлення за групами віку в обстежених

деревостанах та за їх межами, з урахуванням типу лісорослинних умов, ступеня порушення дернини та підстилки.

Отримані дані опрацьовували статистичними методами з використанням пакету програм MS EXCEL. Аналізували співвідношення кількості дерев з певними характеристиками для кожного деревостану.

Результати (Results).

За даними таксаційної бази Черкаського надлісництва філії «Центральний лісовий офіс», деревостани за участю дуба червоного складають 1,5% від площі лісових насаджень надлісництва. Показник по області дещо вищий вище і становить 1,7%. При цьому у переважній більшості насаджень частка дуба червоного становить 1-2 одиниці у складі (рис. 1). Частка насаджень, в яких цей вид складає за запасом понад 50%, по області становить 21,7, а по господарству – 11,8%. Як домішка у деревостанах із домінуванням *Quercus rubra* трапляються ясен звичайний, береза повисла, дуб звичайний, липа дрібнолиста, клен гостролистий, клен польовий, клен ясенелистий, в'яз шорсткий, береза повисла, граб звичайний, груша звичайна, шовковицябіла (до 10%).

Як в області, так і в господарстві, лісові культури дуба червоного було створено переважно у типах лісорослинних умов D₂, C₂ і B₂. Зокрема, частка насаджень в умовах D₂ становить, відповідно, 56,2 і 29,6%, в умовах C₂ – 14,2 і 24,8% і в умовах B₂ – 21,9 і 33,1%. Незначні площі насаджень дуба червоного встановлено і в інших типах лісорослинних умов (рис. 2).

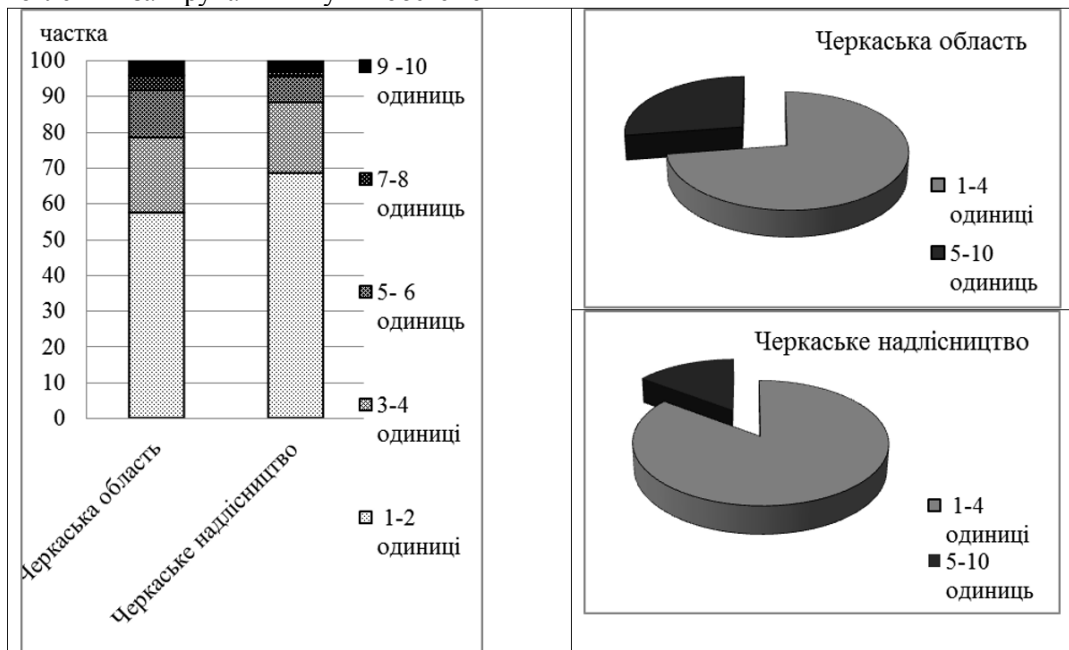


Рис. 1. Розподіл площ деревостанів за участю *Quercus rubra* у Черкаській області та Черкаському надлісництві

Fig. 1. Distribution of stands areas with the participation of Northern red oak in Cherkasy region and the Cherkasy Forestry Management Unit

Значення показника товарної структури деревостанів – частки ділових дерев, є близьким до частки дерев I і II селекційних категорій, тому за цим показником може бути певною мірою оцінена якісна структура деревостанів. У Черкаській обл. частка площ деревостанів дуба червоного, де ділових дерев 20% і більше, становить 17,2, а по господарству – 14,7%. Отже, деревостани дуба червоного у лісовому фонді господарства не вирізняються кращою якісною структурою, ніж в області загалом.

Розподіл площ деревостанів за класами бонітету вказує на переважно високу продуктивність *Quercus rubra* як і на території господарства, так і області (рис. 3). За результатами досліджень, бонітетом I і вище характеризувалися 72,1% насаджень деревного виду по області і 65,05% – по надлісництву. Водночас частка деревостанів III–IV бонітетів у надлісництві трохи вища, ніж в цілому по області (8,6% проти 7,9%).

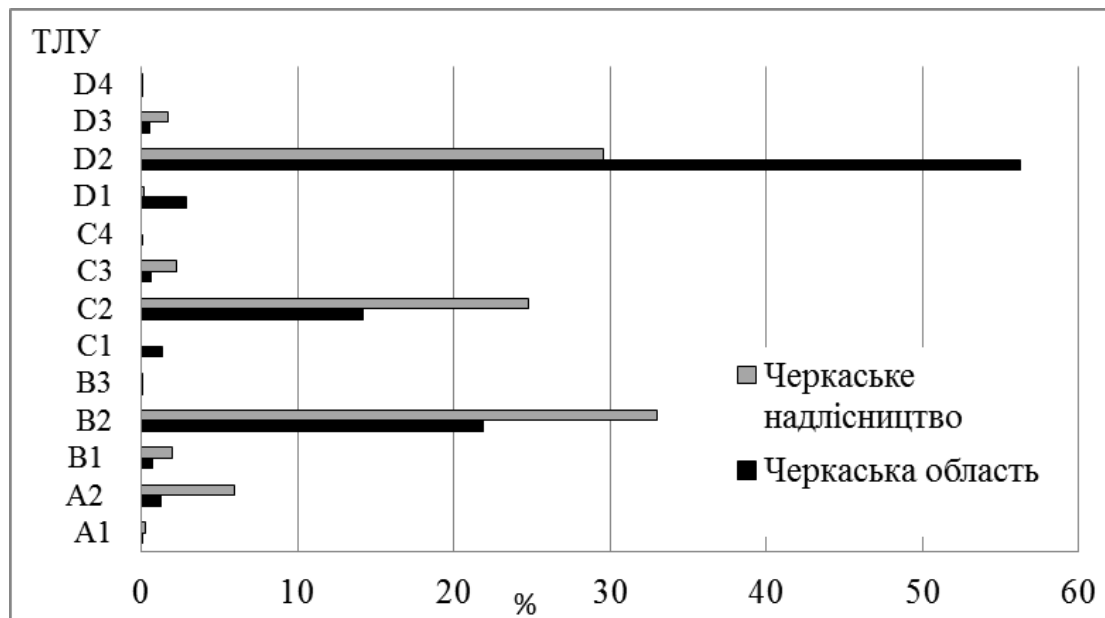


Рис. 2. Розподіл площ деревостанів за участю *Quercus rubra* у лісовому фонді Черкаської області та Черкаського надлісництва за ТЛЮ

Fig. 2. Distribution of stands areas with the participation of Northern red oak in Cherkasy region and the Cherkasy Forestry Management Unit by type of site conditions



Рис. 3. Розподіл площ деревостанів за участю *Quercus rubra* у Черкаській області та у Черкаському надлісництві за класами бонітетів

Fig. 3. Distribution of stands areas with the participation of Northern red oak in Cherkasy region and the Cherkasy Forestry Management Unit by site classes

Узагальнюючи показники таксаційної бази даних потрібно зазначити, що за площами, віковою структурою, розподілом площ за ТЛУ та класами бонітету показники насаджень дуба червоного Черкаського надлісництва близькі до таких по області в цілому і це господарство за загальними характеристиками лісових культур дуба червоного можна вважати типовим для Черкащини.

За результатами обстеження пробних площ підтверджена висока частка *Quercus rubra* у складі деревостанів (від 65,3 до 100%) (див. табл. 1). В окремих випадках частка *Fraxinus excelsior* або *Betula pendula* Roth становила близько 30%, а

Quercus robur L. – близько 20%. Участь інших видів (липа дрібнолиста, клени гостролистий, польовий та ясенелистий, в'яз шорсткий, граб звичайний, ясен звичайний, груша звичайна, шовковиця біла) була низькою і становила переважно менше 10%.

Середній діаметр дерев у насадженнях дуба червоного становив від 12,8 до 37,3 см, а середня висота – від 16,0 до 31,5 м (табл. 3). Переважно ці показники корелюють з віком деревостану ($r = 0,80$ та $0,73$ відповідно). Впливу багатства та зволоження ґрунту на інтенсивність росту *Quercus rubra* нашими дослідженнями не встановлено.

Таблиця 3. Таксаційні показники деревостанів *Quercus rubra* Черкаського надлісництва за даними пробних площ
Table 3. Forest-mensuration indicators of Northern red oak stands of the Cherkasy Forestry Management Unit according to sample plots data

№ ПП	Лісництво, кв./вид.	Вік, років	Середній діаметр, см	Середня висота, м	Запас деревини дуба червоного, м ³ /га	Запас деревостану, м ³ /га	Бонітет
1	Білозірське, 213/23	55	29,2	29,0	429	443	I ^c
2	Білозірське, 214/7	23	12,8	17,0	134	151	I ^c
3	Білозірське, 223/17	34	18,4	20,5	319	352	I ^c
4	Дахнівське, 65/18	30	14,4	19,0	153	219	I ^c
5	Закревське, 5/8	44	20,9	18,7	92	127	I
6	Закревське, 4/10	55	23,7	27,0	490	515	I ^b
7	Закревське, 38/4	69	36,6	31,5	496	518	I ^c
8	Закревське, 41/14	67	22,3	21,0	471	495	II
9	Закревське, 42/6	35	19,4	18,0	196	204	I ^b
10	Закревське, 44/1	59	37,3	28,6	333	494	I ^b
11	Свидівське, 15/32	36	14,3	16,0	114	114	I ^a
12	Свидівське, 27/6	51	17,7	17,3	144	185	I

Найгіршими показниками росту характеризувалися три насадження Закревського лісництва: кв. 27, вид. 6, вік 51 р.; кв. 4, вид. 10, вік 55 р.; кв. 41, в. 14, вік 67 років. Лісорослинні умови цих ділянок – C₂ і D₂, як і переважної більшості обстежених, впливу умов трофності і вологості на інтенсивність росту виявлено не було. Причиною можуть бути різні умови освітлення. Насадження створено з різною шириною міжрядь (від 1,0 до 5,0 м), проте кореляційних зв'язків між шириною міжрядь і показниками росту не вста-

новлено. Натомість порівняння показників фактичної кількості дерев на 1 га (за даними ПП) та розрахованої за таблицями ходу росту (Білоус та ін., 2020), демонструє помітно більшу, ніж таблична, кількість дерев на 1 га саме на цих ділянках (рис. 4). Водночас близькі значення розрахованої і фактичної густоти деревостанів відзначено у насадженнях із вищою інтенсивністю росту дуба червоного. Тому загушеність деревостанів визнана ймовірною причиною погіршення показників росту деревного виду.

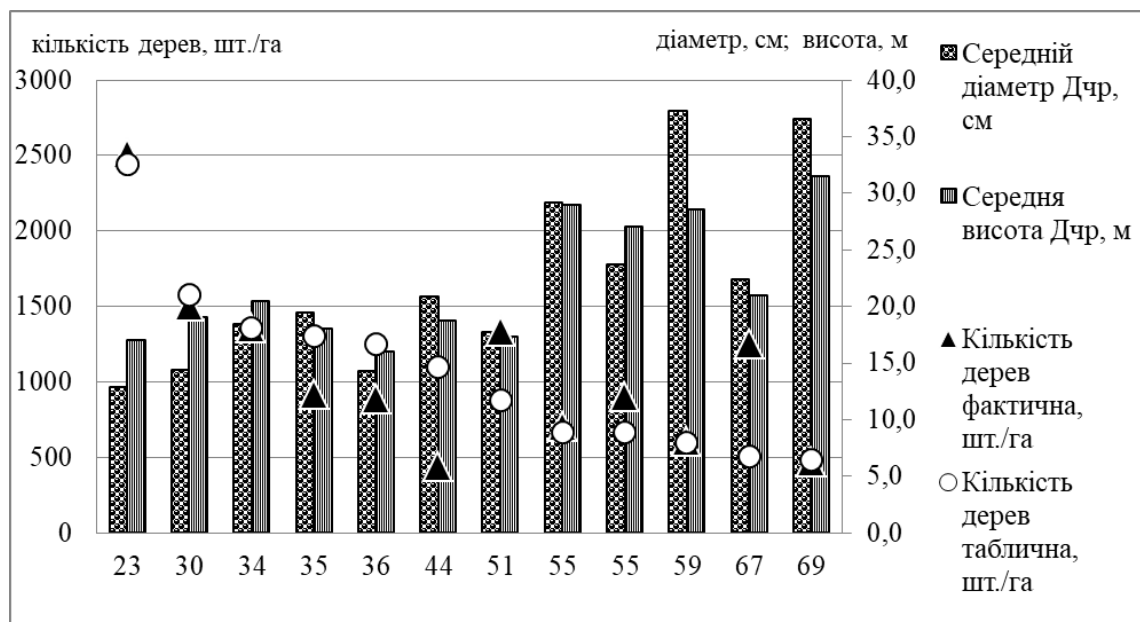


Рис. 4. Показники росту та густота обстежених деревостанів за даними ПП
Fig. 4. Growth indicators and density of the surveyed stands according to sample plots data

Показники запасів і бонітетів деревостанів засвідчують високу продуктивність деревного виду (див. табл. 3). Так, запас стовбурової деревини у віці 55-69 років становить понад 400 м³/га (ПП № 1, 6-8), що значно перевершує подібні показники деревостанів дуба звичайного того ж самого віку на території досліджуваного господарства (контроль). Переважна більшість деревостанів

Quercus rubra відзначаються І вище класами бонітету.

Порівняння показників росту дуба червоного із такими у дуба звичайного відповідного віку на території господарства засвідчує помітну перевагу дуба червоного на 9-ти з 12-ти пробних площ: за висотою – на 12,3-32,4, за діаметром – на 5,3-83,7 % (табл. 4).

Таблиця 4. Відносні показники росту, якості та стану дерев *Quercus rubra* у лісових насадженнях Черкаського надлісництва за даними пробних площ

Table 4. Relative growth rates, quality and condition of Northern red oak trees in forest stands of the Cherkasy Forestry Management Unit according to sample plots data

Лісництво, кв. / вид.	Вік, років	Висота відносно контролю, %	Діаметр відносно контролю, %	Частка дерев І-ІІ СК*	Індекс стану насадження, бали
Білозірське, 213 / 23	55	30,0	57,8	37,5	3,1
Білозірське, 214 / 7	23	12,3	-18,0	32,4	2,8
Білозірське, 223 / 17	34	24,2	19,5	75,5	3,3
Дахнівське, 65 / 18	30	31,2	15,6	30,0	2,7
Закревське, 5 / 8	44	-0,8	17,2	25,6	2,7
Закревське, 4 / 10	55	21,1	28,1	26,9	2,5
Закревське, 38 / 4	69	25,5	61,9	59,6	2,7
Закревське, 41 / 14	67	-22,5	-0,3	29,6	3,5
Закревське, 42 / 6	35	32,4	73,5	24,4	3,0
Закревське, 44 / 1	59	19,2	83,7	45,9	2,6
Свидівське, 15 / 32	36	31,1	5,3	13,6	3,7
Свидівське, 27 / 6	51	-13,5	-7,0	23,7	2,8

Примітка. СК* – селекційна категорія; контроль – дуб звичайний

Засвідчено також перевершення показника об'єму стовбура середнього дерева дуба червоного над таким у дерев дуба звичайного однакового віку у 9-ти випадках з 12-ти (рис. 5). У віці 59-69 років об'єм стовбура дуба червоного у кращих деревостанах становив 1,6 м³.

Аналіз селекційної структури обстежених насаджень вказує на доволі високу якість стовбурів дуба червоного майже на всіх пробних площах. Показник частки дерев I і II селекційних категорій

становив від 13,6 до 75,5% і на 9-ти з 12-ти ПП перевершив показник у 25% (див. табл. 4).

На всіх пробних площах переважали дерева задовільного стану. Частка дерев доброго стану становила 12,3-55,8% і на більшості пробних площ переважала 30%. Частка сухих дерев становила від повної відсутності до 22,8% і не залежала від віку деревостану. Показник індексу стану знаходився у межах 2,5-3,7 бала (див. табл. 4).

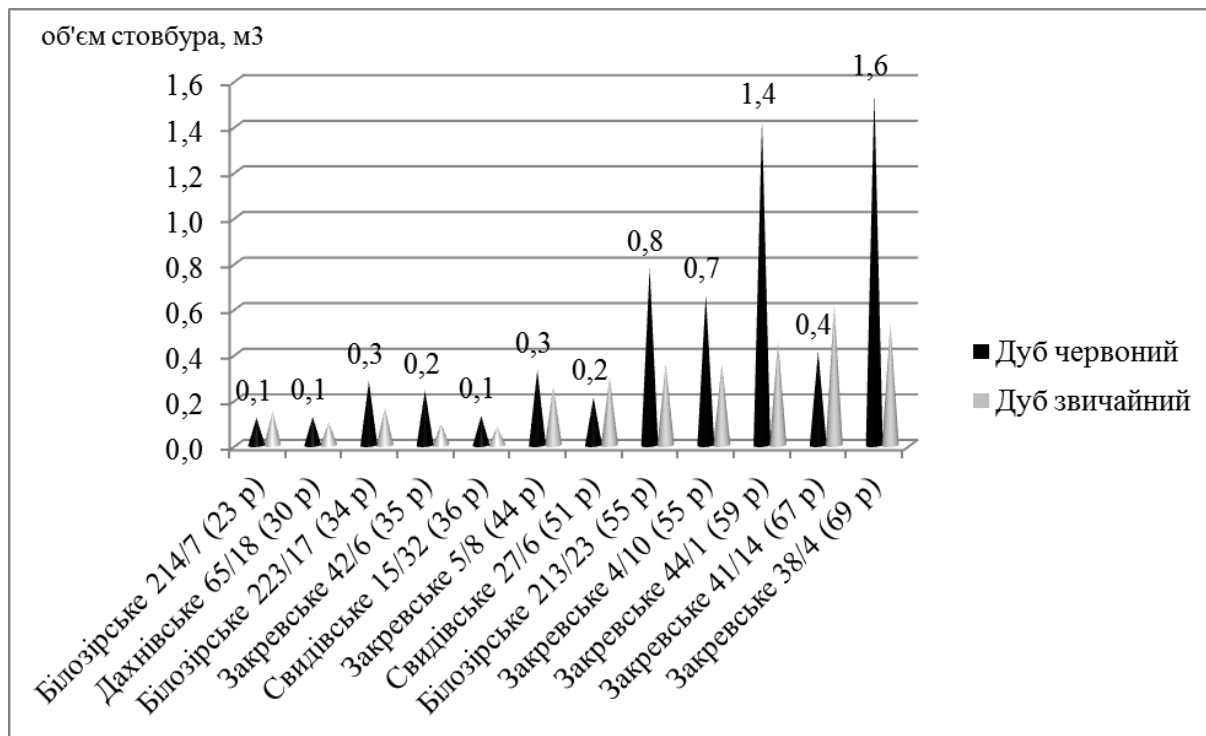


Рис. 5. Об'єм стовбура середнього дерева *Quercus rubra* та *Quercus robur*

Fig. 5. The volume of the trunk of an average Northern red oak tree and that of an average English oak tree

За результатами обліку природного поновлення, молоді рослини *Quercus rubra* різного віку зафіксовано на території 95% обстежених деревостанів з перевагою екземплярів віком до трьох років (табл. 5). Інтенсивне природне поновлення деревного виду віком до трьох років спостережено як у лісових культурах дуба червоного під наметом, так і на території прилеглих виділів.

Кількість самосійних рослин іноді сягала 20 і більше тис. шт./га і це створює враження високої інвазійної активності виду. Але у тих самих виділах кількість самосійних рослин віком понад чотири роки у декілька разів менша, або рослини такого віку взагалі відсутні. Тобто, переважна кількість молодих рослин дуба червоного гине, не досягнувши 4-річного віку.

Таблиця 5. Показники обліку природного поновлення *Quercus rubra* у лісових насадженнях Черкаського надлісництва

Table 5. The natural regeneration indicators of Northern red oak in the Cherkasy Forestry Management Unit

Лісництво, кв. / вид.	Поновлення, тис. шт./га за групами віку				Інвазійна активність виду
	1-3 роки	4-8 років	9-15 років	4 роки і більше – разом	
Білозірське, 213 / 23	39,3	12,0	2,1	14,1	висока
Білозірське, (за межею 213 / 23)	–	–	–	–	відсутня
Білозірське, 214 / 7	0,3	–	–	–	відсутня

Лісництво, кв. / вид.	Поновлення, тис. шт./га за групами віку				Інвазійна активність виду
	1-3 роки	4-8 років	9-15 років	4 роки і більше – разом	
Білозірське, (за межею 214 / 7)	–	–	–	–	відсутня
Білозірське, 223/17	2,6	0,3	–	0,3	низька
Білозірське, (за межею в 223 / 17)	–	–	–	–	відсутня
Дахнівське, 61 / 6	16,9	1,3	1,1	2,4	середня
Дахнівське, 65 / 18	21,5	2,5	0,6	3,1	середня
Дубіївське, 195 / 30	35,8	4,1	0,5	4,6	середня
Закревське, 4 / 10	6,1	–	–	–	відсутня
Закревське, 5 / 8	1,2	–	–	–	відсутня
Закревське, (за межею 5 / 8)	0,3	0,2	0,1	0,3	низька
Закревське, 21 / 1	–	–	–	–	відсутня
Закревське, 25 / 1	7,7	–	–	–	відсутня
Закревське, 29 / 5 (за межею 25 / 1)	0,1	–	–	–	відсутня
Закревське, 30 / 1	1,0	–	–	–	відсутня
Закревське, 38 / 4 ПЛНД	25,5	–	–	–	відсутня
Закревське, (за межею 38 / 4)	27,5	3,9	1,1	5,0	середня
Закревське, 41 / 14	20,6	0,7	–	0,7	низька
Закревське, 42 / 6	10,1	1,1	0,7	1,8	середня
Закревське, 44 / 4 (за межею 42 / 6)	8,0	0,8	0,5	1,3	середня
Закревське, 44 / 1	55,9	–	–	–	відсутня
Закревське, (за межею 44 / 1)	–	–	–	–	відсутня
Свидівське, 15 / 32	–	–	–	–	відсутня
Свидівське (за межею 15 / 32)	19,4	0,4	–	0,4	низька
Свидівське, 27 / 6	3,3	–	–	–	відсутня

Отже, на половині з 26 облікових майданчиків підріст віком 4 роки і більше був відсутнім. На двох ділянках (Білозірське л-во, 223/17 і Закревське л-во, 41/14) зафіксовано незначну кількість підросту віком більше 4 років (до 0,7 тис. /га), що відповідає категорії незадовільного природного поновлення. Висока зімкнутість намету та наявність густого поновлення граба звичайного, бузини чорної, в'яза, кленів та липи призводить до затінення самосійних рослин дуба червоного та їхньої загибелі. Недостатнє поновлення (1,8 і 2,4 тис. шт./га) відзначено у кв. 42, вид. 6 Закревського та у кв 61, вид. 6 Дахнівського лісництв. Водночас у трьох деревостанах

(Білозірське, 213/23, Дахнівське, 65/18 і Дубіївське, 195/30) відмічено задовільне і добре поновлення виду. Останні насадження характеризуються невисокою повнотою і відсутністю підліску, що сприяло розвитку самосійних рослин дуба червоного. Результати узагальнення даних щодо поновлення деревного виду на облікових майданчиках представлено на рис. 7. Високу кількість молодих рослин 1-3-річного віку зафіксовано у деревостанах віком більше 40 років, тоді як у насадженнях молодшого віку цього не спостережено. Ситуація може бути пов'язана з нижчою інтенсивністю репродукції молодших деревостанів та більшою зімкнутістю намету.

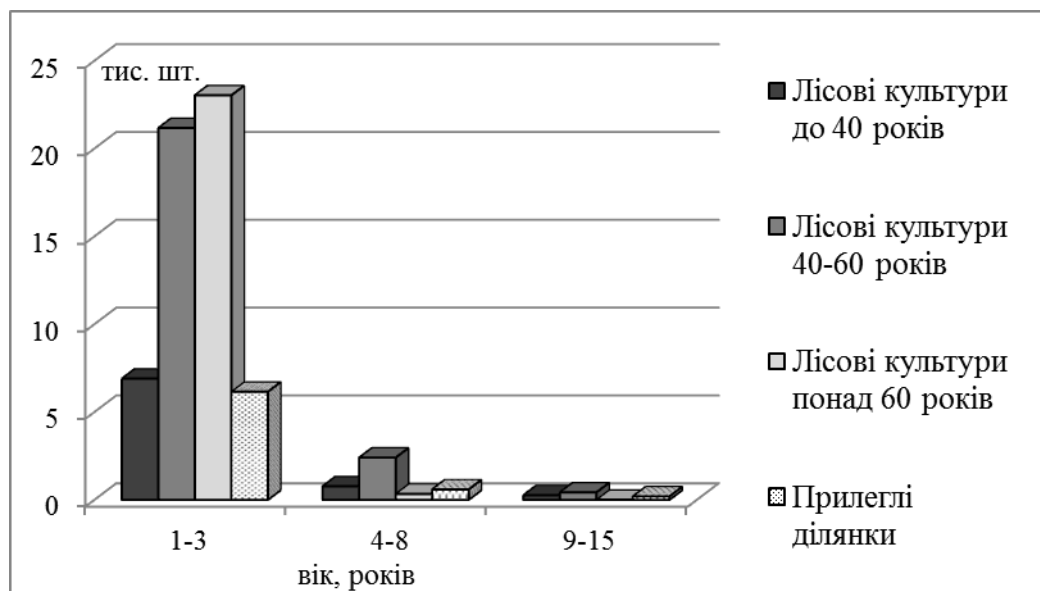


Рис. 7. Інтенсивність природного поновлення *Quercus rubra* під наметом насаджень різного віку та на прилеглих ділянках

Fig. 7. Natural regeneration intensity of Northern red oak under the canopy of forest plantations of different ages and in adjacent plots

У смугах завширшки 20-30 м від межі виділів обстежених деревостанів, у половині випадків поновлення дуба червоного було відсутнє або незначне. Лише в одному випадку – на узліссі, за межею деревостану деревного виду (Закревське л-во, 38/4) відзначено рясний підріст віком 4 і більше років.

Загалом на території лісового фонду Черкаського надлісництва інтенсивність природного поновлення *Quercus rubra* під наметом материнських деревостанів та за їхніми межами вказує на низький рівень інвазійної активності деревного виду (рис. 8).

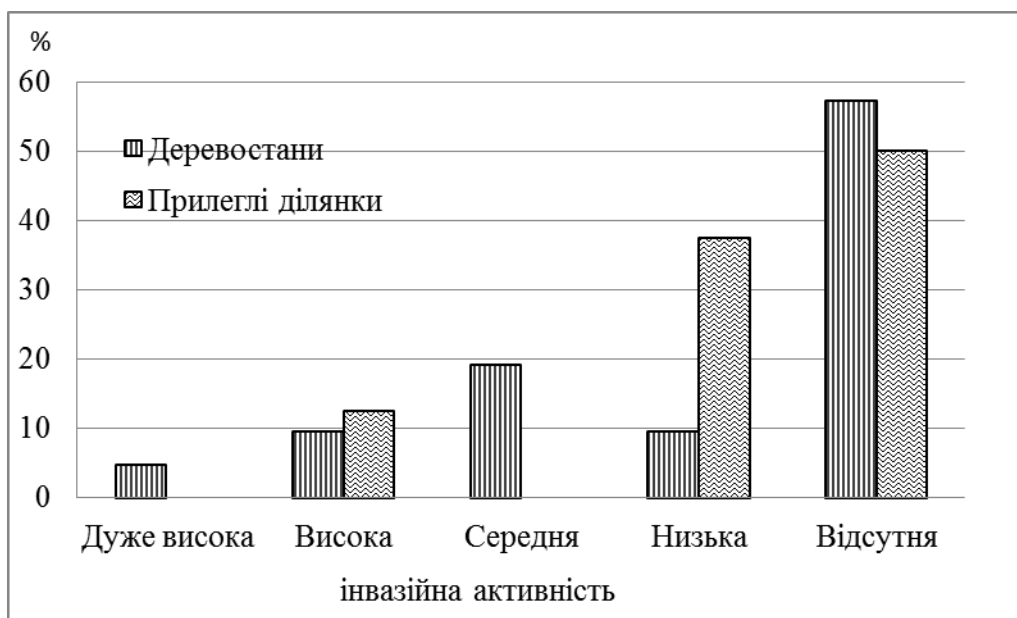


Рис. 8. Розподіл обстежених деревостанів *Quercus rubra* та суміжних ділянок за рівнем інтенсивності природного поновлення виду

Fig. 8. Distribution of observed Northern red oak stands and adjacent plots by level of natural regeneration intensity of the species

За результатами комплексного балового оцінювання продуктивності, якості і стану, деревостани *Quercus rubra* отримали від 15 до 23 балів (рис. 6). Такі результати підтверджують придатність деревного виду для створення лісових куль-

тур і захисних насаджень в умовах Черкащини. Деревостан у кв. 38 вид. 4 Закревського лісництва підтвердив статус постійної лісонасінної ділянки. Водночас цей деревостан і ще шість інших (Білозірське л-во, 213/23; 214/7; 223/17; Дахнівське л-во,

65/18; Закревське л-во, 44/1 – ПП № 1, 2, 3, 4, 7 і 10) відповідають вимогам стосовно плюсових насаджень. Варто зазначити, що в цю групу потрапили деревостани з різними умовами росту.

У семи названих вище кращих деревостанах можливий відбір плюсових дерев. Особливо цінними є три деревостани двох лісництв: Білозірського – 223/17 та Закревського – 38/4 і 44/1.

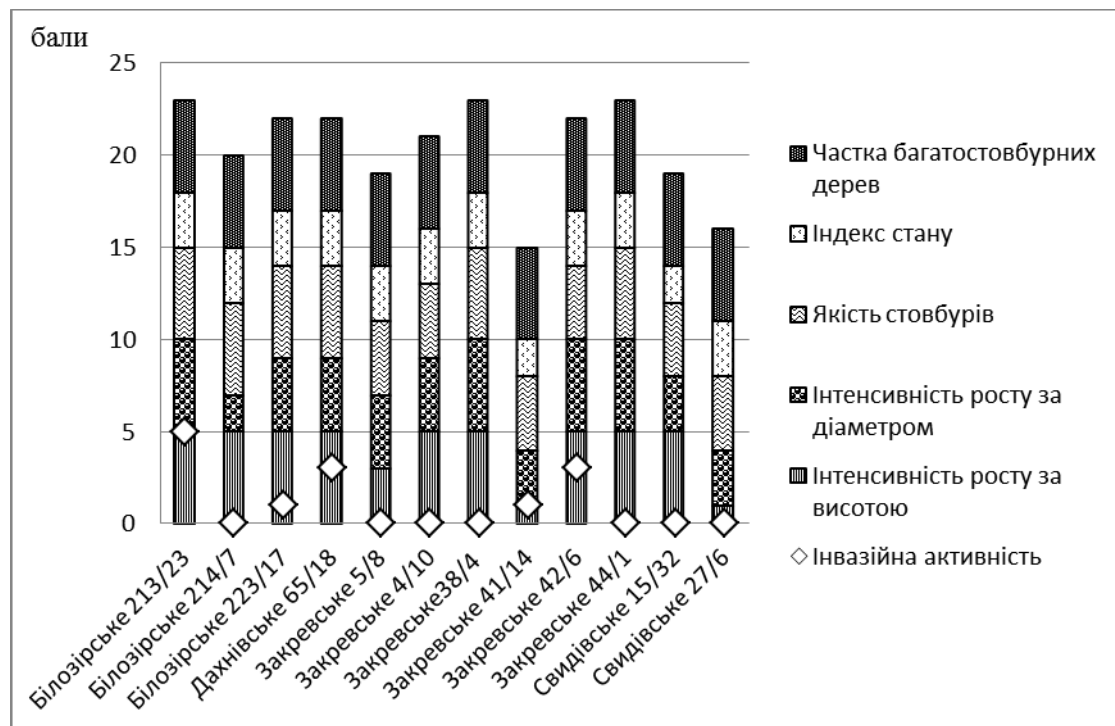


Рис. 6. Балове комплексне оцінювання деревостанів *Quercus rubra* за інтенсивністю росту, якістю стовбурів, станом та інтенсивністю природного поновлення

Fig. 6. Comprehensive scoring of Northern red oak stands based on growth intensity, stem quality, condition, and intensity of natural regeneration

Дискусія (Discussion).

Аналізуючи частку площ лісових насаджень за участю дуба червоного у Черкаській області, варто зазначити, що цей показник (1,7%) дещо більший від загальноєвропейського – 1,3% (Nicolescu et al., 2020) та показників деяких країн Європи. Для прикладу, частка площ лісових культур дуба червоного у лісах Чехії становить 0,14% від загальної площі лісів країни (Viewegh et al., 2017), у лісах Польщі – 0,16% (Woziwoda et al., 2014), в лісах Німеччини – 0,5% (Kormann, Liesebach, & Liepe, 2023).

Дискусійним залишається підхід щодо оптимального складу лісових культур за участю *Quercus rubra*. Так, В.А. Майборода (2018) наголошує на перевагах чистих насаджень дуба червоного або насаджень дуба з невеликою домішкою ясена або модрина. Лісові культури дуба червоного, початково створені як мішані з ялиною, кленом, липою, після 30-40 років перетворилися на чисті внаслідок повного випадання інших деревних видів зі складу деревостану. Водночас, у складі більшості насаджень Страдцівського НВЛК, що на Львівщині, участь дуба червоного становила 10-30% (Дебрінюк, Придка, 2013). В Україні інтродуцент вводили до складу насаджень як домішку і вибирали під час

проведення рубок догляду. Основним об'єктом заготівлі була деревина дуба червоного як швидко-рослого і швидкостиглого деревного виду. Технологія створення лісових культур за участю дуба червоного та догляду за ними у різних областях країни різняться і, ймовірно, доцільно впроваджувати досвід щодо поступового видалення дуба зі складу деревостанів після 50 років. На Черкащині переважають деревостани з часткою дуба червоного у складі в кількості від 1-2 до 5 одиниць. Нами не виявлено залежності між інтенсивністю росту та часткою дуба червоного у складі насаджень, але у найкращих за запасом деревостанах частка дуба червоного у складі становила 95% і більше.

Нашими дослідженнями підтверджена висока продуктивність інтродуцента, яка була засвідчена багатьма попередніми дослідженнями, як у країнах Європи (Vor et al., 2015; Nicolescu et al., 2020), так і в Україні (Гурський, 1953; Полякова, 1999; Майборода, 2016, 2018; Hayda et al., 2022). Результати наших досліджень, як і результати досліджень деяких інших авторів (Дебрінюк, Придка, 2013), виявили подібні показники запасів стовбурової деревини насаджень за участю дуба червоного у різних ТЛЮ.

Негативною рисою дуба червоного вважають його здатність до рясного, майже щорічного, плодоношення та утворення рясного самосіву (Woziwoda et al., 2014). Результати наших досліджень засвідчили високу кількість самосіву дуба червоного під наметом деревостанів і невелику кількість підросту як під наметом деревостанів, так і за їхніми межами, що вказує, на нашу думку, на низьку інвазійну активність виду. Поряд з цим, у вологіших умовах Передкарпаття природне поновлення дуба червоного виявлено далеко за межами лісових культур – переважно вздовж доріг, канав, узлісь, галявин (Мазур, 2009), що викликає певне занепокоєння. Тобто, інвазійна активність виду виявляється у різних умовах зволоження по-різному. Вірогідно, потрібно уникати створення лісових культур деревного виду у вологих умовах, особливо у західному регіоні країни. Водночас дані, отримані американськими вченими (Buckley, Sharik, & Isebrands, 1998; Major et al., 2013) засвідчують, що по всьому природному ареалу *Quercus rubra* на сході США спостерігається зменшення здатності виду до природного поновлення. При цьому у північному Нижньому Мічигані виявлено кращу успішність поновлення північного червоного дуба у дубових насадженнях, ніж у соснових (Buckley et al., 1998).

Найбільш дискусійним є питання доцільності впровадження деревного виду у лісові насадження. З огляду на високу продуктивність, якість і біотичну стійкість дуба червоного в умовах зміни клімату, на нашу думку, цей деревний вид є перспективним для вирощування в умовах Правобережного Лісостепу України з метою створення плантаційних лісових культур задля отримання пиломатеріалів класу А, з коротким оборотом рубки (за умови моніторингу і контролю його спонтанного розповсюдження). Доцільною є рекомендація (Проценко та ін., 2019) щодо забезпечення відстані до об'єктів природо-заповідного фонду мінімум 500 м для запобігання поширенню *Quercus rubra* на територію об'єктів ПЗФ. Не можна не погодитися з пропозицією дослідників Інституту ботаніки (Кучер та ін., 2023), які вбачають можливість продовження використання деревного виду шляхом культивування на «спеціальних цільових плантаціях з певним режимом господарювання та оборотом рубки» або створенням монокультур на нелісових землях із запровадженням обов'язкового контролю і заходів, спрямованих на перешкодження спонтанному поширенню *Quercus rubra* за межі плантацій.

Висновки (Conclusions).

1. Черкаське надлісництво філії «Центральний лісовий офіс» за загальними представленими

та характеристиками лісових культур за участю *Quercus rubra* є типовим для Черкаської області. Зокрема площа культур інтродуктора на території філії становить 1,5% від загальної площі лісових насаджень (1,7% по області). Частка насаджень, в яких участь деревного виду становить 50% і більше, по області становить 21,7, а по господарству – 11,8%. Лісові культури дуба червоного, як в області, так і у господарстві створено переважно в умовах D₂, C₂ і B₂.

2. Частка *Quercus rubra* у складі більшості деревостанів не перевершує 20%. Як домішка у деревостанах трапляються ясен звичайний, береза повисла, дуб звичайний, липа дрібнолиста, клени гостролистий, польовий та ясенелистий, в'яз шорсткий, береза повисла, граб звичайний, груша звичайна, шовковиця біла (до 10%).

3. Підтверджено високу продуктивність *Quercus rubra* в умовах Черкащини. На восьми пробних площах з 12-ти насаджень дуба червоного перевершували деревостани дуба звичайного за висотою та діаметром одночасно. Запас насаджень у віці 55-69 років сягав понад 400 м³/га та значно перевершував запас деревостанів дуба звичайного такого ж віку. Переважна більшість деревостанів дуба червоного росте за І і вище класами бонітету (72,1% насаджень деревного виду по області і 65,1% – по надлісництву).

4. Частка дерев І і ІІ селекційних категорій у насадженнях *Quercus rubra* становить 13,6-75,5%. Сім деревостанів відповідають вимогам щодо плюсових насаджень, в яких можливий відбір плюсових дерев.

5. Результати балового комплексного оцінювання культур дуба червоного підтвердили доцільність деревного виду для створення лісових культур і захисних насаджень в умовах Правобережного Лісостепу.

6. Засвідчено наявність природного поновлення *Quercus rubra* на території 95% обстежених деревостанів, де кількісно переважають екземпляри віком до трьох років. Кількість самосійних рослин віком 4 роки і більше значно менша або відсутня взагалі. Незважаючи на щорічне рясне плодоношення, екземпляри віком більше трьох років під наметом деревостану трапляються рідко, більшість рослин гине до 3-річного віку. В цілому, на території Черкаського надлісництва інтенсивність природного поновлення дуба червоного під наметом деревостанів та поза їх межами вказує на низький рівень його інвазійної активності.

Подяки (Acknowledgment).

Колектив авторів висловлює щирі подяки співробітникам Черкаського надлісництва філії «Центральний лісовий офіс» за сприяння у проведенні польових робіт.

Конфлікт інтересів (Conflicts of Interest).

Автори заявляють про відсутність у них відомих конкуруючих фінансових інтересів чи особистих зв'язків, які могли б вплинути на результати, представлені у цій статті.

Список літератури (References)

- Archambault, L., Burton, V. B., & Witter, J. A. (1990). Landscape ecosystems of disturbed oak forests of southeastern Michigan, U.S.A. *Canadian Journal of Forest Research*, 20(10), 1570–1582. <https://doi.org/10.1139/x90-209> (у тебе в рядку було “201120(10)” — я лишев коректний формат тому/номера, без зміни року/сторінок/DOI)
- Bilous, A. M., Kashpor, S. M., Myroniuk, V. V., Svinchuk, V. A., & Lesnik, O. M. (2020). *Forest inventory handbook*. “Vinichenko” Publishing House. [Білоус, А. М., Кашпор, С. М., Миронюк, В. В., Свинчук, В. А., Леснік, О. М. (2020). *Лісотаксаційний довідник*. Київ: НУБіП, 360 с.] (in Ukrainian)
- Brus, R., Pötzelsberger, E., Lapin, K., Brundu, G., Orazio, C., Straigyte, L., & Hasenauer, H. (2019). Extent, distribution and origin of non-native forest tree species in Europe. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 34(7), 1–12. <https://doi.org/10.1080/02827581.2019.1676464>
- Buckley, D. S., Sharik, T. L., & Isebrands, J. G. (1998). Regeneration of northern red oak: Positive and negative effects of competitor removal. *Ecology*, 79(1), 65–78. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(1998\)079%5B0065:RONROP%5D2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(1998)079%5B0065:RONROP%5D2.0.CO;2)
- Debrynyuk, Iu. M., & Prydka, P. P. (2013). Red oak (*Quercus rubra* L.) in forest plantations Stradch TPFC: Distribution and silvicultural-taxation specification. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 23(17), 9–14. http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnltn_2013_23
- [Дебринюк, Ю. М., Придка, П. П. (2013). Дуб червоний (*Quercus rubra* L.) у лісових насадженнях Страдчівського НВЛК: поширення та лісівничо-таксаційна характеристика. *Науковий вісник НЛТУ України*, 23(17), 9–14.] (in Ukrainian)
- Gursky, V. V. (1953). *Northern red oak and its cultivation in Ukraine and other regions of the USSR* (Abstract of doctoral dissertation, Agricultural Sciences, Kharkiv Agricultural Institute). [Гурский, В. В. (1953). Красный дуб и его разведение на Украине и в других районах СССР: автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук. Харьков: Харьковский сельскохозяйственный институт.] (in Russian)
- Hayda, Y., Mohytych, V., Bidolakh, D., Kuzovych, V., & Sulowska, M. (2022). The introduction of red oak (*Quercus rubra* L.) in Ukrainian forests: Advantages of productivity versus disadvantages of invasiveness. *Folia Forestalia Polonica, Series A – Forestry*, 64(4), 245–252. <https://doi.org/10.2478/ffp-2022-0023>
- Instructions for organizing the forest fund of Ukraine. Part I. Field works.* (2006). Ukrderzhlisproekt. [Інструкція з впорядкування лісового фонду України (2006). Частина I. Польові роботи. Ірпінь: Укрдержлісprojekt.] (in Ukrainian)
- Ivchenko, A. I. (2002). History of the introduction of *Quercus rubra* L. *Scientific Bulletin of Ukrainian State Forestry University*, 12(4), 93–97. https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2002/12_4/21.pdf
- [Івченко, А. І. (2002). Історія впровадження дуба червоного. *Науковий вісник УкрДЛТУ*, 12(4), 93–97.] (in Ukrainian)
- Kaplunovsky, P. S. (1966). Valuable deciduous species. In *Enrichment of mountain forests* (pp. 91–96). Carpaty. [Каплуновский, П. С. (1966). Ценные лиственные породы. В кн. *Обогащение горных лесов*. Ужгород: Карпаты. 91–96.] (in Russian)
- Kobets, O. V., Tarnopil'ska, O. M., Rumyantsev, M. G., Kuprina, N. P., Borodavka, V. O., Buzun, V. O., ... Rogovy, V. I. (2017). *Recommendations for reproduction of natural stands in lowland forests and forests of the Mountainous Crimea*. Ukrainian Order “Sign of Honour” the G. M. Vysotsky Research Institute of Forestry and Forest Melioration. [Кобець, О. В., Тарнопільська, О. М., Румянцев, М. Г., Купріна, Н. П., Бородавка, В. О., Бузун, В. О., ... Роговий, В. І. (2017). *Рекомендації щодо відтворення природних деревостанів у рівнинних лісах та лісах Гірського Криму*. Харків: УкрНДІЛГА. 17 с.] (in Ukrainian)
- Kohno, N. A., & Kurdyuk, A. M. (1994). *Theoretical foundations and experience of woody plants introduction in Ukraine*. Naukova dumka. [Кохно, Н. А., Курдюк, А. М. (1994). *Теоретические основы и опыт интродукции древесных растений в Украине*. Київ: Наук. думка. 188 с.] (in Russian)
- Kormann, M., Liesebach, M., & Liepe, K. J. (2023). Provenances from introduced stands of northern red oak (*Quercus rubra* L.) outperform those from the natural distribution. *Forest Ecology and Management*, 531, 120803. doi.org/10.1016/j.foreco.2023.120803
- Kucher, O. O., Didukh, Ya. P., Pashkevych, N. A., Zavalova, L. V., Rozenblit, Yu. V., Orlov, O. O., & Shevera, M. V. (2023). The impact of northern red oak (*Quercus rubra*; Fagaceae) on the forest phyto-diversity in Ukraine. *Ukrainian Botanical Journal*, 80(6), 453–468. doi.org/10.15407/ukrbotj80.06.453 [Кучер, О. О., Дідух, Я. П., Пашкевич, Н. А., Зав'ялова, Л. В., Розенбліт, Ю. В., Орлов, О. О., Шевєра, М. В. (2023). Вплив дуба червоного (*Quercus rubra*; Fa-

- gaseae) на природне фіторізноманіття лісів України. *Український ботанічний журнал*, 80(6), 453–468.] (in Ukrainian)
- Los, S., Tereshchenko, L., & Petrenko, M. (2022). Approbation of the method for assessing the invasive activity and selection value of *Robinia pseudo-acacia* L. in Kirovohrad region conditions. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 24, 24–35. <https://doi.org/10.15421/412202>
- Los, S. A., Tereshchenko, L. I., Torosova, L. O., Hayda, Yu. I., Vysotska, N. Yu., Yatsyk, R. M., ... & Dyshko, V. A. (2019). *Methodology of variety testing of forest tree species: Departmental testing*. The G. M. Vysotsky Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration. ucfb.info/fileadmin/user_upload/Methodology.pdf [Лось, С. А., Терещенко, Л. І., Торосова, Л. О., Гайда, Ю. І., Висоцька, Н. Ю., Яцик, Р. М., ... Дишко, В. А. (2019). *Методика сортовипробування лісових деревних порід. Відомче випробування*. Харків: УкрНДЛГА. 37 с.] (in Ukrainian)
- Májeková, J., Medvecká, J., Mikulová, K., Slabejová, D., Šibíková, M., Zaliberová, M., & Škodová, I. (2023). Structure of forest stands of alien tree *Quercus rubra* in Central Europe. *Biologia*, 79(1), 1169–1176. <https://doi.org/10.1007/s11756-023-01502-7>
- Major, K., Nosko, P., Kuehne, C., Campbell, D., & Bauhus, J. (2013). Regeneration dynamics of non-native northern red oak (*Quercus rubra* L.) populations as influenced by environmental factors: A case study in managed hardwood forests of south-western Germany. *Forest Ecology and Management*, 291, 144–153. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378112712007293>
- Mayboroda, V. A. (2016). Creating balanced forest ecosystems by introducing pure and mixed red oak plantations. *Balanced Nature Management*, 1, 30–36. nbuv.gov.ua/UJRN/Zp_2016_1_7 [Майборода, В. А. (2016). Створення збалансованих лісових екосистем шляхом впровадження чистих та змішаних насаджень дуба червоного. *Збалансоване природокористування*, 1, 30–36.] (in Ukrainian)
- Mayboroda, V. A. (2018). The role of northern red oak (*Quercus borealis* Michx.) in enhancing environmental sustainability and productivity of oak stands. *Balanced Nature Management*, 4, 46–51. <https://doi.org/10.33730/2310-4678.4.2018.166430> [Майборода, В. А. (2018). Роль дуба бореального (*Quercus borealis* Michx.) у підвищенні екологічної стійкості та продуктивності дібров. *Збалансоване природокористування*, 4, 46–51.] (in Ukrainian)
- Mazur, I. V. (2009). *Quercus borealis* Michx. and its regeneration in the Precarpathian region. *Forestry and Forest Melioration*, 115, 161–166. nasplib.isoftware.kiev.ua/handle/123456789/16436 [Мазур, І. В. (2009). Дуб північний та його відновлення в Передкарпатті. *Лісівництво і агролісомеліорація*, 115, 161–166.] (in Ukrainian)
- Nicolescu, V.-N., Vor, T., Mason, W. L., Bastien, J.-C., Robert, R., Henin, J.-M., ... Hernea, C. (2020). Ecology and management of northern red oak (*Quercus rubra* L. syn. *Q. borealis* F. Michx.) in Europe: A review. *Forestry*, 93(4), 481–494. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpy032>
- Polyakova, O. G. (1999). Silvicultural properties of northern red oak (*Quercus rubra* L.) in Ukrainian Polissya. *Scientific Bulletin of the National Agrarian University*, 17, 54–59. [Полякова, О. Г. (1999). Лісівничі властивості дуба червоного (*Quercus rubra* L.) в Українському Поліссі. *Науковий вісник НАУ*, 17, 54–59.] (in Ukrainian)
- Protopopova, V. V., & Shevera, M. V. (2019). Invasive species in the flora of Ukraine. I. The group of highly active species. *GEO&BIO*, 17, 116–135. <https://doi.org/10.15407/gb.2019.17.116> [Протопопова, В. В., Шевера, М. В. (2019). Інвазійні види у флорі України. I. Група високо активних видів. *GEO&BIO*, 17, 116–135.] (in Ukrainian)
- Protsenko, I. A., Lobchenko, G. O., & Yukhnovskyi, V. Yu. (2019). Some features of growth and phytomeliorative properties of red oak in recultivated lands in Cherkasy region. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 29(5), 60–65. <https://doi.org/10.15421/40290512> [Проценко, І. А., Лобченко, Г. О., Юхновський, В. Ю. (2019). Особливості росту та фітомеліоративні властивості насаджень дуба червоного на рекультивованих землях Черкащини. *Науковий вісник НЛТУ України*, 29(5), 60–65.] (in Ukrainian)
- Pyšek, P., Chytrý, M., Pergl, J., Sádlo, J., & Wild, J. (2012). Plant invasions in the Czech Republic: Current state, introduction dynamics, invasive species and invaded habitats. *Preslia*, 84, 575–629. <https://www.preslia.cz/P123Pysek.pdf>
- Stanek, M., Piechnik, L., & Stefanowicz, A. M. (2020). Invasive red oak (*Quercus rubra* L.) modifies soil physicochemical properties and forest understory vegetation. *Forest Ecology and Management*, 472, 118253. doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118253
- The Center for Teaching and Learning at the University of Vermont. (n.d.). Northern red oak: Medicinal uses. *UVM Tree Profiles*. Retrieved January 10, 2026, from libraryexhibits.uvm.edu/omeka/exhibits/show/uvmtrees/n-redoak/medicinaluse

- Vansteenkiste, D., De Boever, L., & Van Acker, J. (2005). Alternative processing solutions for red oak (*Quercus rubra*) from converted forests in Flanders, Belgium. In *COST Action E44 Conference on Broad Spectrum Utilization of Wood* (pp. 13–26). <http://hdl.handle.net/1854/LU-316371>
- Viewegh, J., Miltner, S., Matějka, K., & Podrázský, V. (2017). Comparison of the herb layer composition in stands of several tree species in the Louny region. *Beskydy*, 9(1–2), 41–48. <https://doi.org/10.11118/beskyd201609010041>
- Volosyanchuk, R. T., Los, S. A., Torosova, L. O., Kuznecova, T. L., Tereshchenko, L. I., Neyko, I. S., & Grygoryeva, V. G. (2003). Methodological approaches to the estimation of gene pool conservation *in situ* units of the broadleaved tree species and their actual conditions in the Left-bank Forest-steppe of Ukraine. *Forestry and Forest Melioration*, 104, 50–57. [Волосянчук, Р. Т., Лось, С. А., Торосова, Л. О., Кузнєцова, Т. Л., Терещенко, Л. І., Нейко, І. С., Григор'єва, В. Г. (2003). Методичні підходи до оцінки об'єктів збереження генофонду листяних деревних порід *in situ* та їх сучасний стан у Лівобережному лісостепу України. *Лісівництво і агролісомеліорація*, 104, 50–57.] (in Ukrainian)
- Vor, T., Spellmann, H., Bolte, A., & Ammer, C. (2015). *Potenziale und Risiken eingeführter Baumarten* (Göttinger Forstwissenschaften, 7). https://www.researchgate.net/publication/284726339_Potenziale_und_Risiken_eingefuehrter_Baumarten-
- [Baumartenpotraits mit naturschutzfachlicher Bewertung](#) (in German)
- Vorobyov, D. V. (1969). *Methodology of forest typological research*. Urozhay. [Вороб'єв, Д. В. (1969). *Методика лесотипологических исследований*. Киев: Урожай. 388 с.] (in Russian)
- Woś, B., Józefowska, A., & Wanic, T. (2023). Impact of native *Quercus robur* and non-native *Quercus rubra* on soil properties during post-fire ecosystem regeneration. *Diversity*, 15(4), 559. doi.org/10.3390/d15040559
- Wozniwoda, B., Kopeć, D., & Witkowski, J. (2014). The negative impact of intentionally introduced *Quercus rubra* L. on a forest community. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, 83, 39–49. <https://doi.org/10.5586/asbp.2013.035>
- Zavialova, L. (2017). The most harmful invasive plant species for native phytodiversity of protected areas of Ukraine. *Biological Systems*, 9(1), 87–107. <https://doi.org/10.31861/BIOSYSTEMS2017.01.087> [Зав'ялова, Л. В. (2017). Види інвазійних рослин, небезпечні для природного фіторізноманіття об'єктів природно-заповідного фонду України. *Біологічні системи*, 9(1), 87–107.] (in Ukrainian)
- Zeidler, A., & Borůvka, V. (2016). Wood density of northern red oak and pedunculate oak grown in former brown coal mine in the Czech Republic. *BioResources*, 11(4), 9373–9385. <https://doi.org/10.15376/biores.11.4.9373-9385>

Comprehensive assessment of the prospects of cultivating *Quercus rubra* L. in forest plantations of Cherkasy region

S. Los¹, L. Tereshchenko², O. Zabrodotsky³,
V. Grygoryeva⁴

Northern red oak (*Quercus rubra* L.) is characterized by high productivity and resilience. It is widely used for establishing forest plantations across Europe, including Ukraine. However, its capacity for abundant natural regeneration is a subject of debate and points to the need for more in-depth study of this species and for consideration of this factor when determining the prospects for its use.

Data on the area of Northern red oak stands and their distribution by composition, age, and forest site conditions in Cherkasy region of Ukraine and the Cherkasy Forestry Management Unit, (the Branch “Central Forest Office”, the State Specialized Forest

Enterprise (SSFE) “Forests of Ukraine”) were analysed using forest inventory materials from the *Ukrderzhlesproekt* database. A comprehensive assessment of the stands was conducted based on the sum of scores derived from relative indicators of height and diameter, the proportion of trees belonging to selection categories I and II, the stand condition index, the proportion of multi-stemmed trees, and the intensity of natural regeneration.

¹ Svitlana Los – Corresponding Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, PhD in Agricultural Sciences, Head of the Department of Forest Tree Improvement, Genetics and Biotechnology, the G.M. Vysotsky Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration, 86 Hryhoriy Skovoroda St., Kharkiv, 61024, Ukraine. E-mail: svitlana_los@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6341-2745>

² Larisa Tereshchenko – PhD in Agricultural Sciences, leading researcher at the Department of Forest Tree Improvement, Genetics and Biotechnology, the G.M. Vysotsky Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration, 86 Hryhoriy Skovoroda St., Kharkiv, 61024, Ukraine. E-mail: larisa_tereshchenko@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5203-518X>

³ Oleksandr Zabrodotskyi – teacher, Cherkasy State Technological University, 460 Shevchenko Blvd., Cherkasy, 18006, Ukraine. E-mail: krasavchik19782003@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-9604-1330>

⁴ Viktoriya Grygoryeva – PhD in Agricultural Sciences, a senior researcher at Kharkiv Forest Experimental Station of the G.M. Vysotsky Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration, 86 Hryhoriy Skovoroda St., Kharkiv, 61024, Ukraine. E-mail: grygorye@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-9367-4612>

The area of Northern red oak forest plantations in the territory of the Cherkasy Forestry Management Unit was 1.5% of the total forest area, while such plantations accounted for 1.7% of the region's total forest area. Northern Red oak forest plantations, both in the region and at the forestry enterprises, were established predominantly in site conditions D₂, C₂, and B₂.

In the vast majority of forest plantations, the proportion of Northern red oak is 1–2 units in the species composition. As admixtures, species such as Common ash (*Fraxinus excelsior*), Silver birch (*Betula pendula*), English oak (*Quercus robur*), and other native associate species were present. The site index of the majority of stands was class I or higher. The growing stock in the most productive stands aged 55–69 years exceeded 400 m³/ha, which is significantly higher than that of common oak stands of the same age within the territory of the enterprise. The comprehensive assessment confirmed the suitability of this species for establishing forest plantations and protective forest belts under conditions of Cherkasy region.

Natural regeneration of Northern red oak was recorded under the canopy of 95% of the stands, primarily represented by self-seeded plants up to 3 years old. The number of self-seeded plants aged 4 years or older was several times lower, or such individuals were entirely absent. Natural regeneration outside the surveyed stands was absent or negligible in half of the cases.

Thus, the high productivity of Northern red oak under conditions of Cherkasy region and the suitability of the species for creating forest plantations and protective forest belts in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe zone have been confirmed. Seven out of twelve stands met the criteria for plus stands, in which the selection of plus trees is possible. Overall, within the territory of the Cherkasy Forestry Management Unit of the Branch “Central Forest Office”, the SSFE «Forests of Ukraine», the observed level of intensity of natural regeneration of red oak both under the canopy of forest stands and beyond their boundaries suggests a low level of invasive potential for this species.

Key words: Northern red oak; silvicultural parameters; growth intensity; selection value; natural regeneration.

4. ЛІСОВА ТАКСАЦІЯ ТА ЛІСОВПОРЯДКУВАННЯ



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

<http://fasu.nltu.edu.ua>
<https://doi.org/10.36930/412531>
Article received 2025.02.12
Article revised 2025.07.24
Article accepted 2025.09.18
Article published 2026.03.14

ISSN 1991-606X print
ISSN 2616-5015 online
@ ✉ Correspondence author
Volodymyr P. Pasternak
pasternak65@ukr.net
86 Hryhoriia Skovorody St.,
Kharkiv, 61024, Ukraine

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 (CC BY 4.0) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)



UDC 630*5+630.221*76

Dynamics of final felling volumes in oak stands of the Forest-Steppe of Ukraine

V.P. Pasternak¹, V.V. Nazarenko²

A forecast is presented for the volumes of final felling for a period of 110 years in operational (commercial) oak forests of the Forest-Steppe, and for a period of 130 years for other categories of forests included in the final felling calculation. For the calculations, data from the PA "Ukrderzhlisproekt" database as of January 1, 2022 were used. Calculations were performed for the 1st and 2nd age, normal, and rational allowable cut for stands of both seed and coppice origin. It was found that the most justified approach is rational allowable cut, which provides for harvesting timber only in mature stands. To achieve an even level of harvesting and a more balanced age-class structure, it is proposed to switch to the normal allowable cut.

The calculation of the final felling volumes is carried out by turnover of management sections, taking into account the age of maturity. Under the baseline scenario, the total area of oak forests and their distribution by forest categories were assumed to remain unchanged. At the same time, it is proposed to gradually replace coppice oak stands with seed-origin ones.

When applying the rational allowable cut, a normal allowable cut with gradual leveling of age distribution can be achieved from the 3rd calculation periods. It is proposed to set the age of felling of seed-origin oak stands in operational forests of site class I and higher at the age of 131–140 years, and for coppice-origin oak stands of site class II and higher at the age of 91–100 years. This will contribute to improving the dimensional and qualitative structure of the stands, enhancing their ecological and protective functions, as well as accelerating the alignment of the age structure in oak forests.

Key words: maturity age; *Quercus robur* L.; normal allowable cut; rational allowable cut; forest use forecast.

¹ Volodymyr P. Pasternak – Full Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Doctor habil. (Agricultural Sciences), professor, the G.M. Vysotsky Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration, 86 Hryhoriia Skovorody St., Kharkiv, 61024, Ukraine. E-mail: pasternak65@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1346-1968>

² Vitaliy V. Nazarenko – PhD in Agricultural Sciences, Senior lecturer, State Biotechnological University, 44 Alchevskiyh St., Kharkiv, 61002, Ukraine. E-mail: 0997301084@btu.kharkov.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1043-16192>

Introduction.

Long-term forecasting of forest use dynamics under different forest management scenarios is important for informed planning of forest resource use. Such forecasting is carried out using mathematical models with a defined objective function and a system of constraints. In forest resource assessment models, the main goal is not only to predict the production of wood raw materials, but also to assess the impact of different felling intensity rates. Growth models are selected based on stand composition, origin, forest site conditions and natural zone. In models that considered individual tree growth, parameters of increment and mortality are specified (Packalen et al., 2014). These models do not predict the total level of felling, rather, they show the distribution of areas and growing stock by age classes and stand types for a given volume of felling, and indicate whether the achieved harvesting level can be maintained for a long time. Among the most widely used simulation models are ATLAS and RFF-TSM, as well as IIASA model and its modification, EFISCEN, which was developed for large-scale scenario analysis of European forest resources and has been applied in Ukraine (Schelhaas et al., 2004). Simulation makes it possible to forecast forest resources use under various scenarios, taking into account forest management strategies, as well as changes in forest areas and growth rates, including those caused by climate change. The state of forests is presented as a matrix describing the distribution of forest areas by age and growing stock classes. The EFISCEN model provides results for assessing the dynamics of forest resources, carbon balance and provision of environmental services at the European level (Lerink et al., 2023).

Using the EFISCEN Space model (Schelhaas et al., 2018), stand dynamics were analysed based on the National Forest Inventory (NFI) data, applying species-specific growth models that predict tree growth as a function of tree diameter and stand basal area. Thinning is modeled as the removal of trees of a given species within defined diameter classes, while mortality is modeled using parameters derived from repeated NFI measurement. The stand-dynamics models are implemented in the form of fixed transition ratios (by tree species and diameter classes) obtained from successive NFI cycles.

To calculate the volume of final felling, the 1st and 2nd age, normal (even-flow) allowable cut, as well as rational allowable cut by area are usually determined. In Ukraine, given the existing deficit of mature forest stands, rational allowable cut is considered the most acceptable. At the same time, it must be supported by the available growing stock of mature and overmature stands for at least a five-year planning period, and during the next 5 years by

stands that reach maturity within that interval. The methodology for calculating the rational allowable cut was first developed by the Ukrainian forester V.K. Poliakov (1972) and was later advanced in the works of S.M. Kashpor, O.A. Girs (2010), O.A. Girs (2011), R.V. Sodolinskiy et al. (2014) and others.

The calculation of the final felling volumes is carried out by working circles of management sections. The current age of maturity applied in Ukrainian forests are not sufficiently differentiated in terms of stand productivity or origin. It has been proposed to increase the maturity age for oak stands of seed origin (Girs et al., 2018). Considering the need for accelerated replacement of coppice stands with seed-origin stands and obtaining higher-quality timber of categories B and C in operational forests, it is recommended to set the maturity age of oak coppice stands of site class II and higher at 91–100 years (Tkach et al., 2021).

Rotation age for oak stands in Czech Republic is 100–180 years and in Slovak republic, it is 120–160 years. At the same time, the optimal rotation period of specific forest stands must be established in a differentiated manner, taking into account the economics of management and the diversity of ecosystems in accordance with the natural conditions (Hillayová et al., 2022).

According to the database “Forest fund”, as of January 1, 2022, stands dominated by common oak (*Quercus robur* L.) in the Forest-Steppe occupy more than 900 thousand hectares and perform important ecosystem functions, including sustainable use of timber stock, recreation, water balance regulation, climate protection and carbon storage (Ostrogović et al., 2019). When organizing forestry, determining the age of maturity and establishing the volume of forest use, it is necessary to take into account the balance between timber production, biodiversity and socio-cultural functions (Löf et al., 2016). Optimised forest-use planning for the Forest-Steppe as a whole enables a more even distribution of timber harvesting over time and makes it possible to increase the allowable cut by 15–20% (Girs, 2011).

The purpose of this study is to forecast the volumes of final felling in the Forest-Steppe over a full felling cycle, by economic sections of oak forests. For calculations under the baseline scenario, the total area of oak forests and their distribution across forest categories were assumed to remain unchanged.

Objects and methods.

The object of the research comprised all oak stands of the Forest-Steppe included in the operational management. Calculations based on the current “Methodology for determining the allowable cut” (Methodology ..., 2000) were performed for the

oak operational forests of the Forest-Steppe, as well as other categories of forests included in the calculation of the final felling.

For the calculations, data from the PA "Ukrderzhlisproekt" database as of January 1, 2022 were used to compile the distribution of areas and growing stock of oak stands by age classes and quality by two economic parts: operational forests and forests with restricted forest use. For the convenience, the information on the distribution of area and growing stock by age classes was grouped by management sections and differentiated according to the maturity age for final felling, taking into account stand productivity and origin (seed and coppice). Using a

software tool developed at the Department of Forest Mensuration and Forest Management of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, the following indicators were calculated for oak management sections: normal (even), 1st and 2nd age allowable cut, and rational allowable cut.

Results.

For the oak management sections of seed-origin in operational forests, normal (uniform) allowable cut in the first calculation period amounts to 2331.0 ha, 1st age – 2790.3 ha, 2nd age – 3275.3 ha, and rational allowable cut – 3147.1 ha. The rational allowable cut is calculated over 11 periods (Table 1).

Table 1. Rational allowable cut for the oak management sections of the operational forests of the Forest-Steppe (seed origin)

Age class	Area, ha	Accumulated area, ha	Calculation period	Allowable cut	Area of next period, ha
I	11157,3	256413,5	11	1115,8	5578,8
II	21638,3	245256,2	10	2339,1	17812,5
III	13134,1	223617,9	9	1147,7	7651,2
IV	10967,0	210483,8	8	1096,6	5483,1
V	11179,3	199516,8	7	1107,4	5590,1
VI	24573,8	188337,5	6	1787,6	12286,8
VII	46299,0	163763,7	5	4170,7	29420,0
VIII	33757,1	117464,7	4	3375,8	16879,0
IX	37181,9	83707,6	3	3905,5	22126,9
X	30110,1	46525,7	2	3011,0	15055,0
XI	16415,6	16415,6	1	3147,1	16415,6

The accumulated areas are calculated as follows: in the last row, the total area of all mature and overmature stands is recorded ($S_{XI} = 16415.6$ hectares), in the preceding row, the area of stands that will reach maturity within the next 10-year period is added – $S_{XI} + S_X = 46525.7$ hectares. After 20 years, the accumulated area will amount to 83707.6 hectares, and after 100 years it will encompass the entire 256413.5 hectares of the

working circle. In the second period of calculation, the “areas transition” is carried out taking into account the volumes of forest regeneration (31471 ha in age class I) and the remaining mature stands in age class XI ($46525.7 - 31470.7 = 15055.0$ ha). Age class I conventionally also includes unclosed forest crops. Subsequent calculations for the remaining periods over the entire felling cycle are performed in the same manner (Table 2).

Table 2. Dynamics of the calculated allowable cut and the “area transition” for the oak management section of operational forests (seed origin)

Calculation period	Area of forest stands per age classes, ha										
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	≥ XI
1	11157,3	21638,3	13134,1	10967,0	11179,3	24573,8	46299,0	33757,1	37181,9	30110,1	16415,6
2	31470,7	11157,3	21638,3	13134,1	10967,0	11179,3	24573,8	46299,0	33757,1	37181,9	15055,0
3	30110,0	31470,7	11157,3	21638,3	13134,1	10967,0	11179,3	24573,8	46299,0	33757,1	22126,9

Table 2 (continued)

Calculation period	Area of forest stands per age classes, ha										
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	≥ XI
4	39005,0	30110,0	31470,7	11157,3	21638,3	13134,1	10967,0	11179,3	24573,8	46299,0	16879,0
5	33758,0	39005,0	30110,0	31470,7	11157,3	21638,3	13134,1	10967,0	11179,3	24573,8	29420,0
6	41707,0	33758,0	39005,0	30110,0	31470,7	11157,3	21638,3	13134,1	10967,0	11179,3	12286,8
7	17876,0	41707,0	33758,0	39005,0	30110,0	31470,7	11157,3	21638,3	13134,1	10967,0	5590,1
8	11074,0	17876,0	41707,0	33758,0	39005,0	30110,0	31470,7	11157,3	21638,3	13134,1	5483,1
9	10966,0	11074,0	17876,0	41707,0	33758,0	39005,0	30110,0	31470,7	11157,3	21638,3	7651,2
10	11477,0	10966,0	11074,0	17876,0	41707,0	33758,0	39005,0	30110,0	31470,7	11157,3	17812,5
11	23391,0	11477,0	10966,0	11074,0	17876,0	41707,0	33758,0	39005,0	30110,0	31470,7	5578,8

In the oak management section of operational forests of seed origin, the rational allowable cut, due to the pronounced unevenness in the age-class distribution of stands, reaches its maximum (4,170.7 ha) in the fifth calculation period, followed by a substantial decrease to 1,115.8 ha. Therefore, to achieve an even level of

timber harvesting and a more balanced age-class structure, it is proposed to proceed to the normal allowable cut starting from the third calculation period.

Calculations for the oak management section in coppice-origin stands are performed according to the same principle (Table 3).

Table 3. Dynamics of the calculated allowable cut and the “area transition” for the oak management section of operational forests (coppice origin)

Calculation period	Allowable cut, ha	Area of forest stands per age classes, ha										
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	≥ XI
1	940,0	35,3	20,5	13,3	61	33,7	229,4	847,2	1702	3767,5	4864,1	6968,3
2	431,6	2400	35,3	20,5	13,3	61,0	33,7	229,4	847,2	1702	3767,5	2432,4
3	273,5	316	2400	35,3	20,5	13,3	61,0	33,7	229,4	847,2	1702	1883,9
4	127,6	735	316	2400	35,3	20,5	13,3	61,0	33,7	229,4	847,2	851,9
5	53,9	276	735	316	2400	35,3	20,5	13,3	61,0	33,7	229,4	424,1
6	13,1	39,0	276,0	735,0	316,0	2400,0	35,3	20,5	13,3	61,0	33,7	114,5
7	3,4	31,0	39,0	276,0	735,0	316,0	2400,0	35,3	20,5	13,3	61,0	17,2
8	5,1	14,0	31,0	39,0	276,0	735,0	316,0	2400,0	35,3	20,5	13,3	44,2
9	1,3	11,0	14,0	31,0	39,0	276,0	735,0	316,0	2400,0	35,3	20,5	6,5
10	3,2	3,0	9,0	14,0	31,0	39,0	276,0	735,0	316,0	2400,0	35,3	16,0
11	3,9	2,0	3,0	9,0	14,0	31,0	39,0	276,0	735,0	316,0	2400,0	19,3

In this case, the long-term objective is the gradual replacement of coppice stands with seed-origin stands. For these calculations, the rational allowable cut is applied. In the first calculation period, it amounts to 940.0 ha in operational forests.

Discussion.

Under the implementation of the proposed maturity ages (131–140 years for seed-origin oak

stands of site class I and higher in operational forests), the decrease in the allowable cut during the first calculation period will amount to 30% due to the depletion of the operational stock. In the second period, this reduction is almost fully compensated. By area, the allowable cut reaches the normal level in the third period, while by growing stock the calculated allowable cut will exceed that obtained under the current maturity ages.

In forests with a restricted forest use regime for seed-origin oak stands of site class III and higher, the estimated rational allowable cut is 366.2 ha, normal allowable cut – 1,174.9 ha. From the fifth calculation period, it is possible to use normal allowable cut. and 316.4 ha for other forest categories included in the calculation of final felling.

In coppice-origin stands of site class II and higher, the estimated rational allowable cut is 316.5 ha, normal allowable cut - 365.4 ha. From the third calculation period, it is possible to use normal allowable cut. For other categories of forests included in the calculation of final felling, the corresponding values are 1174.4 ha, 418.7 ha, 838.9 ha and 366.2 ha, respectively.

With the introduction of the proposed maturity ages, it is expected that 16.8 thousand hectares of low-productivity oak forests of coppice origin will be harvested within a period of 40 years and subsequently replaced with seed-origin oak stands. An analysis of the estimated allowable cut showed that under the proposed maturity ages, it will increase by more than 1.5 times in the first 10 years compared to the current levels, and by 1.4 times over a 40-year period.

The proposed maturity age for coppice-origin oak stands in the Forest-Steppe within operational forests is 91–100 years for stands of site class II and higher, and 71–80 years for stands of site class III and lower, taking into account the dynamics of timber quality. This will contribute to improving the qualitative characteristics of the wood and will accelerate the alignment of the age structure of oak forests. Under the implementation of the proposed maturity ages, an improvement in the ecological and protective functions of the stands is also expected (Tkach et al., 2021). Similar conclusions were also made by O.A. Girs (2011), predicting the volume of wood resources exploitation in oak forests of coppice origin in Polissia and the Forest-Steppe of Ukraine.

The economic assessment of the value of oak wood stocks in Kharkiv and Chernihiv regions by natural zones confirms the general trend toward an increase in value at proposed maturity ages compared to current ones. Differentiation of maturity ages by stand origin and productivity (site classes) for oak stands significantly affected the distribution of stand areas and growing stocks, the commodity and assortment structure of wood, which would have a positive effect on the value of wood stocks (Torosov et al., 2020).

Conclusions.

1. For oak management section in the Forest-Steppe, the most appropriate is the use of rational and normal allowable cut, which allows for the gradual equalization of forest use and age structure.

We propose calculating allowable cut based on aggregated management section, which will increase the use of forest resources.

2. For the oak management section of seed-origin in operational forests, normal (uniform) allowable cut in the first calculation period amounts to 2331.0 ha and rational allowable cut – 3147.1 ha. The rational allowable cut, due to the pronounced unevenness in the age-class distribution of stands, reaches its maximum (4170.7 ha) in the fifth calculation period, followed by a substantial decrease to 1115.8 ha. Therefore, to achieve an even level of timber harvesting and a more balanced age-class structure, it is proposed to transition to the normal allowable cut starting from the third calculation period.

3. Despite the temporary decrease in the allowable cut in the first calculation period for seed stands, the proposed increase in the age of maturity for oak stands in operational forests of site classes I and higher to the age of 131–140 years will contribute to strengthening the ecological and protective functions of forests and obtaining a better dimensional and qualitative structure of stands.

Acknowledgments.

The authors are grateful to the two reviewers and Valentyna Meshkova (Chief Researcher of entomology, phytopathology, and physiology department, URIFFM), who agreed to review the article before sending it to the journal and provided valuable comments and suggestions that improved the quality of the article.

We would like to thank the Armed Forces of Ukraine, local Territorial Defence Forces, Volunteers, and the entire Ukrainian nation for providing security to perform this work.

Funding sources.

The paper was prepared by the authors in the framework of a research plan of URIFFM (grants 0120U101894), which was supported by the State Forest Resources Agency of Ukraine.

Conflicts of Interest.

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

References

- European Forest Institute. (n.d.). *EFISCEN model*.
Girs, O. A., Lakyda, P. I., Tkach, V. P., & Pasternak, V. P. (2018). *Methodical recommendations on specification maturity age of main forest forming tree species of Ukraine*. National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine.
[Гірс, О. А., Лакида, П. І., Ткач, В. П., Пастернак, В. П. (2018). *Методичні рекомендації до визначення віку дозрівання основних лісоутворюючих порід України*. Національний університет життя та навколишнього середовища України.]

- нак, В. П. (2018). *Методичні рекомендації щодо уточнення віку стиглості панівних лісотвірних порід України*. Київ: НУБіП України. 40 с.] (in Ukrainian)
- Girs, O. A. (2011). A prognosis of the use volume of arboreal resources in the oak forests of vegetative origin in Polissya and Forest-Steppe of Ukraine. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 21(2), 21–26. https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2011/21_2/21_Gir.pdf [Гірс, О. А. (2011). Прогноз обсягу використання деревних ресурсів у дубових лісах порослевого походження Полісся та Лісостепу України. *Науковий вісник НЛТУ України*, 21(2), 21–26.] (in Ukrainian)
- Hillayová, M. K., Holušová, K., Báliková, K., & Holec, J. (2022). Comparison of the approach to determination of the rotation period of forest stands in the Czech Republic and in the Slovak Republic. *Journal of Forest Science*, 68(10), 413–422. <https://doi.org/10.17221/107/2022-JFS>
- Kashpor, S. M., & Girs, O. A. (2010). Improvement of the mathematical model of optimization of the use of forest wood resources, and experimental verification of this algorithm. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 20(15), 24–29. nv.nltu.edu.ua/Archive/2010/20_15/24_Kasz.pdf [Кашпор, С. М., Гірс, О. А. (2010). Удосконалення математичної моделі оптимізації використання деревних ресурсів лісу та його дослідна перевірка. *Науковий вісник НЛТУ України*, 20(15), 24–29.] (in Ukrainian)
- Lerink, B. J. W., Schelhaas, M.-J., Schreiber, R., Aurenhammer, H., Kies, U., Vuillermoz, M., ... Nabuurs, G. J. (2023). How much wood can we expect from European forests in the near future? *Forestry*, 96(4), 434–447. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpad009>
- Löf, M., Brunet, J., Filyushkina, A., Lindbladh, M., Skovsgaard, J. P., & Felton, A. (2016). Management of oak forests: Striking a balance between timber production, biodiversity and cultural services. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management*, 12(1–2), 59–73. <https://doi.org/10.1080/21513732.2015.1120780>
- State Forestry Committee of Ukraine. (2000). *Methodology for determining the annual allowable cutting* (Order No. 105, September 14, 2000). [Методика визначення розрахункової лісосіки. (2000). Затверджена наказом Держкомлісгоспу України № 105 від 14.09.2000. Київ: Держкомлісгосп України.] (in Ukrainian)
- Nabuurs, G., Pussinen, A., van Brusselen, J., & Schelhaas, M. (2007). Future harvesting pressure on European forests. *European Journal of Forest Research*, 126, 391–400. <https://doi.org/10.1007/s10342-006-0158-y>
- Nazarenko, V. V., & Pasternak, V. P. (2016). *Peculiarities of formation of forest types of the forest-steppe of Kharkiv region* [Monograph]. Planeta-Print. repo.btu.kharkiv.ua/handle/123456789/72659 [Назаренко, В. В., Пастернак, В. П. (2016). *Закономірності формування типів лісу Лісостепу Харківщини: монографія*. Харків: Планета-Прінт. 190 с.] (in Ukrainian)
- Ostrogović, M. Z., Alberti, G., De Vedove, G., & Marjanović, H. (2019). Temporal evolution of carbon stocks, fluxes and carbon balance in pedunculate oak chronosequence under close-to-nature forest management. *Forests*, 10(9), 814. <https://doi.org/10.3390/f10090814>
- Packalen, T., Sallnäs, O., Sirkiä, S., Korhonen, K., Salminen, O., Vidal, C., ... San-Miguel, J. (2014). *The European Forestry Dynamics Model: Concept, design and results of first case studies*. Publications Office of the European Union. <https://data.europa.eu/doi/10.2788/153990>
- Polyakov, V. K. (1972). *Improving the system of forest fund accounting and calculations of forest resource use in the intensive zone of forestry management* (PhD thesis abstract). Ukrainian Agricultural Academy. [Поляков, В. К. (1972). Совершенствование системы учета лесного фонда и расчетов пользования в интенсивной зоне ведения лесного хозяйства: автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук. Киев: УСХА.] (in Russian)
- Schelhaas, M. J., Cerny, M., Buksha, I. F., Cienciala, E., Csóka, P., Galinski, W., ... Wawrzoniak, J. (2004). *Scenarios on forest management in Czech Republic, Hungary, Poland and Ukraine* (European Forest Institute Research Report 17). Brill. efi.int/publications-bank/scenarios-forest-management-czech-republic-hungary-poland-and-ukraine
- Schelhaas, M. J., Hengeveld, G. M., Heidema, N., Thürig, E., Rohner, B., Vacchiano, G., ... Nabuurs, G. J. (2018). Species-specific, pan-European diameter increment models based on data of 2.3 million trees. *Forest Ecosystems*, 5, 21. <https://doi.org/10.1186/s40663-018-0133-3>
- Sodolinskiy, R. V., Girs, O. A., & Kashpor, S. M. (2014). Method of calculated cutting area determination in the forests of Ukraine for separate forestry-based enterprises. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*, 198(1), 50–57. http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau_lis_2014_198%281%29_9 [Содолінський, Р. В., Гірс, О. А., Кашпор, С. М. (2014). Методика визначення розрахункової лісосіки у лісах України для окремого лісгосподарського підприємства. *Український журнал лісівництва та деревообробки*, 198(1), 50–57.] (in Ukrainian)

Tkach, V., Buksha, I., Slich, O., & Pasternak, V. (2021). Optimization of maturity age for coppice oak forests within Left-bank Forest-Steppe in Ukraine. *Central European Forestry Journal*, 67, 181–186. <https://doi.org/10.2478/forj-2020-0026>

Torosov, A. S., Zhezhkun, I. M., Kalashnikov, A. O., & Kharchenko, Yu. V. (2020). Economic

evaluation of growing stock and maturity ages of pine and oak stands. doi.org/10.33220/1026-3365.136.2020.194 [Торосов, А. С., Жежкун, І. М., Калашников, А. О., Харченко, Ю. В. (2020). Економічна оцінка запасів деревостанів та віків стиглості соснових і дубових насаджень. *Лісівництво і агролісомеліорація*, 136, 194–202.] (in Ukrainian)

Динаміка обсягів рубок головного користування в дубових деревостанах Лісостепу України

В.П. Пастернак¹, В.В. Назаренко²

Наведено прогноз обсягів рубок головного рубання на 110 років в експлуатаційних дубових лісах Лісостепу та на 130 років – для інших категорій лісів, що входять до розрахунку рубок головного користування. Для розрахунків використовували інформацію з бази даних ВО "Укрдержліспроект" станом на 01.01.2022. Розрахунки проводили для 1-ї та 2-ї вікових, нормальної і раціональної розрахункової лісосіки для деревостанів як насадінного, так і вегетативного походження. Встановлено, що найбільш виправданим підходом є раціональна розрахункова лісосіка, яка передбачає заготівлю деревини лише у стиглих деревостанах. Для досягнення рівномірного рівня рубок та збалансування вікової структури пропонується поступово переходити до нормальної розрахункової лісосіки.

Розрахунок обсягів рубок головного користування здійснено за господарськими секціями з урахуванням віку стиглості. За базовим сценарієм, загальна площа дубових лісів та їхній розподіл за категоріями лісів передбачалися незмінними. Водночас пропонується поступово замінювати паростеві дубові насадження насінними.

Для дубової господарської секції експлуатаційних лісів насінного походження нормальна розрахункова лісосіка в першому розрахунковому періоді становить 2331,0 га, 1-ша вікова – 2790,3 га, 2-га вікова – 3275,3 га, а раціональна розрахункова лісосіка – 3147,1 га. Раціональна розрахункова лісосіка через виражену нерівномірність у розподілі деревостанів за класами віку досягає свого максимуму (4170,7 га) у п'ятому розрахунковому періоді, після чого суттєво зменшується – до 1115,8 га. Тому, для досягнення рівномірного рівня заготівлі та більш збалансованої структури

за віковими групами, пропонується перейти до нормальної розрахункової лісосіки, починаючи з третього розрахункового періоду.

У лісах з обмеженим режимом лісокористування для дубових насаджень насінного походження III класу бонітету та вище розрахункова раціональна розрахункова лісосіка становить 366,2 га, нормальна розрахункова лісосіка – 1174,9 га. З п'ятого розрахункового періоду можливе використання нормальної розрахункової лісосіки.

У дубовій господарській секції експлуатаційних лісів вегетативного походження II класу бонітету та вище раціональна розрахункова лісосіка становить 316,5 га, нормальна розрахункова лісосіка – 365,4 га. Починаючи з третього розрахункового періоду, можна використовувати нормальну розрахункову лісосіку з поступовим вирівнюванням вікового розподілу. Для інших категорій лісів, що включаються до розрахунку рубок головного користування, відповідні значення становлять 1174,4, 418,7, 838,9 та 366,2 га відповідно.

Пропонується встановити вік рубки дубових насаджень насінного походження в експлуатаційних лісах I класу бонітету і вище на рівні 131–140 років, а для дубових насаджень вегетативного походження II класу бонітету і вище – на рівні 91–100 років. Це сприятиме покращенню розмірної та якісної структури насаджень, підвищенню їхніх екологічних і захисних функцій, прискоренню вирівнювання вікової структури в дубових лісах.

Ключові слова: віки стиглості; *Quercus robur* L.; нормальна лісосіка; раціональна лісосіка; прогноз лісокористування.

¹Пастернак Володимир Петрович – академік Лісівничої академії наук України, доктор сільськогосподарських наук, професор, Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г.М. Висоцького, вул. Григорія Сковороди, 86, Харків, 61024, Україна. E-mail: pasternak65@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1346-1968>

²Назаренко Віталій Васильович – кандидат сільськогосподарських наук, доцент, Державний біотехнологічний університет, вул. Алчевських, 44, Харків, 61002, Україна. E-mail: 0997301084@btu.kharkov.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1043-16192>



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

<http://fasu.nltu.edu.ua>
<https://doi.org/10.36930/412532>
Article received 2025.05.28
Article revised 2025.10.30
Article accepted 2025.11.20
Article published 2026.03.16

ISSN 1991-606X print
ISSN 2616-5015 online
@ ✉ Correspondence author
Volodymyr Blyshchuk
blysh@nubip.edu.ua
15 Heroiv Oborony St.,
Kyiv, 03041, Ukraine

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 (CC BY 4.0) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)



УДК 630*5:582.475.4(477.41/.45)

**Моделі росту та продуктивності самосійних соснових лісів
Українського Полісся**

В.І. Блищик¹, П.І. Лакида²

Представлено результати дослідження динаміки основних таксаційних показників самосійних лісів сосни звичайної на землях сільськогосподарського призначення. Як дослідні дані використано результати власних досліджень у самосійних лісах п'яти областей Українського Полісся (Волинська, Рівненська, Житомирська, Київська і Чернігівська) та інформацію про природні сосняки цього регіону з бази даних. Параметри моделей таксаційних показників встановлювали за допомогою регресійних залежностей, а їхню точність і адекватність перевіряли за допомогою статистичних критеріїв. Модель кривої-гід за верхньою висотою розроблено на основі ростової функції Г. Томазіуса. Для зручності практичного використання її адаптували до шкали М.М. Орлова та виконали перехід від верхньої до середньої висоти. Аргументами моделі середнього діаметра виступають середній вік ($r = 0,89$) і середня висота ($r = 0,94$), тому вона придатна для моделювання будь-якого класу бонітету. Для апроксимації динаміки суми площ перерізів використано видозмінену ростову функцію Л. Берталанффі, де аргументом виступає середня висота насадження. Суттєві відхилення моделі від дослідних даних характерні лише для сосняків на землях лісгосподарського призначення, оскільки їхня відносна повнота становить переважно 0,6-0,8. Тому результати моделювання суми площ поперечних перерізів самосійних насаджень дають підставу стверджувати, що розроблені таблиці продуктивності характеризуватимуть

¹ Блищик Володимир Іванович – кандидат сільськогосподарських наук, доцент. Національний університет біоресурсів і природокористування України, вул. Героїв оборони, 15, м. Київ, 03041, Україна. E-mail: blysh@nubip.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5440-3142>

² Лакида Петро Іванович – академік Лісівничої академії наук України, Перший віце-президент ЛАН України, Заслужений діяч науки і техніки України, доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувач сектору наукового забезпечення ДП «Ліси України», вул. Болсуновська, 6, м. Київ, 01601, Україна. E-mail: petro.lakyda@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3639-2969>

динаміку основних таксаційних показників за повноти 1,0. Моделювання частини деревостану, що вибирається, проводили методом прямої регресії (функцією від віку деревостану) з використанням редуційних чисел. Розроблений комплекс математичних моделей дає змогу з високою точністю оцінювати особливості росту самосійних лісів на землях сільськогосподарського призначення. На основі них опрацьовано таблиці продуктивності для I^d–IV класів бонітету повних (нормальних) насаджень.

Ключові слова: *Pinus sylvestris* L.; динаміка таксаційних показників; клас бонітету; середній діаметр; середня висота; сума площ перерізів; поточний приріст; покинуті сільськогосподарські угіддя; самозалісена ділянка; самовідновлення лісу.

Вступ (Introduction).

Використання моделей росту і продуктивності є важливим інструментом прогнозування майбутніх обсягів лісових ресурсів, впливу лісгосподарських заходів і прийняття ефективних рішень у господарській діяльності підприємств. За останні 30 років на значних площах сільськогосподарських земель без участі людини відновилися природні ліси, особливо на території Полісся (Жежжун, Порохняч, 2025; Крамарець, Попович, Бойко, 2019; Криницький, Заїка, Іваницький, 2013; Лакида, Блищик, 2024). Тому важливо з'ясувати особливості їх росту, оцінити продуктивність і порівняти зі штучно створеними та іншими природними насадженнями.

За допомогою моделей ходу росту можна спрогнозувати динаміку таксаційних показників чи потенційну продуктивність самосійних лісів у певному віковому періоді їхнього розвитку. Цю інформацію можуть використовувати управлінці лісгосподарських підприємств, власники земельних паїв, землевпорядні чи природоохоронні організації для оцінювання потенціалу самосійних лісів, відповідності ведення лісового господарства принципам сталого лісокористування та прийняття обґрунтованих рішень щодо збереження лісів і зміни цільового призначення земельних ділянок. В англomовній літературі використовують термін «моделі росту» (англ. «growth model»), тому тут і надалі вживатиметься саме такий варіант, як синонім поняттю «моделі ходу росту» (Bermejo, Cañellas, & Miguel, 2004; Dong et al., 2021; Socha et al., 2021; Martinez Del Castillo et al., 2022). На думку авторів, цей термін є більш вдалим, упущене слово не несе додаткової змістової інформації, хоча є усталеним для лісотаксаційної науки в Україні.

Найрозповсюдженішим видом нормативно-довідкових даних у країнах Європи є таблиці ходу росту, які характеризують зміну таксаційних показників лісових насаджень з віком. Розробляють їх на основі моделей росту окремих таксаційних ознак (висоти, діаметра, суми площ перерізів тощо) й усталених формул розрахунку інших показників (кількості стовбурів, поточного приросту, загальної продуктивності тощо) (Laar, & Akça, 2007).

Аналіз наукового доробку з моделювання росту соснових насаджень України засвідчує значні напрацювання вчених. Зокрема до них відносяться нормативи, розроблені для штучних соснових деревостанів Українського Полісся (Лакида, Терент'єв, Васишин, 2012); для природних соснових деревостанів Полісся України (Лакида, Алексіюк, 2017); для штучних насаджень сосни звичайної, створених на землях, що вийшли з-під сільськогосподарського використання (Лакида та ін., 2012b); для соснових насаджень України (Дударев, 1960); для штучних насаджень сосни звичайної Полісся України (Петренко, 2002); для молодняків сосни звичайної штучного походження Хмельницької області (Порицький, 1978); для соснових культур у свіжих суборах Полісся та Лісостепу (Савич, 1965); для оптимальних соснових деревостанів (Строчинський, Швиденко, Лакида, 1992); для соснових молодняків штучного походження у пристепових борах (Старостенко, 1967); для культур сосни звичайної на староорних землях Полісся (Стопкань, 1962); для соснових насаджень західної частини України (Тищук, 1956).

В європейських країнах також опубліковано багато таблиць продуктивності для соснових насаджень, зокрема Болгарії (Krastanov, Beljakov, & Schikov, 1976), Чехії (Černý, Páez, & Malik, 1996), Фінляндії (Koivisto, 1959), Німеччини (Schober, 1975), Греції (Gatzojannis, 1997), Угорщини (Solymos, 1971), Норвегії (Bauger, 1995), Румунії (Giurgiu, Decei, & Armasescu, 1972), Іспанії (García Abejon, & Gomez Loranca, 1984), Швеції (Andersson, 1963), Туреччині (Batti, 1971) тощо.

Наявність такої кількості таблиць продуктивності деревостанів сосни звичайної не усуває необхідності у дослідженнях самосійних лісів на сільськогосподарських землях Українського Полісся, які переважно є високопродуктивними, з високою відносною повнотою та ростуть за I^a і вищими класами бонітету (Лакида, Блищик, 2024; Самосійні ліси депонують..., 2024). Актуальним питанням є розроблення математичних моделей росту та продуктивності, щоб з'ясувати особливості росту цих природних насаджень на перелогах і надалі враховувати цей аспект у програмах повоєнної відбудови України, господарській діяльності

лісогосподарських підприємств та обліку лісових ресурсів.

Мета роботи – дослідити динаміку таксаційних показників і розробити таблиці росту соснових лісів на самозалісених ділянках Українського Полісся.

Об'єкти і методика дослідження (Objects and methods).

Методологічними основами моделювання росту деревостанів є системний підхід, комплексний аналіз, а також принцип раціональності для цілеспрямованого та узагальненого відтворення в практичній формі істотних і закономірних властивостей, зв'язків і тенденцій, притаманних лісовим екосистемам (Білоус, 2021).

Об'єктом дослідження є процеси росту соснових лісів, які природним шляхом (без втручання людини і господарських заходів) з'явилися на сільськогосподарських землях в Українському Поліссі. *Предмет дослідження* – закономірності динаміки таксаційних показників у самосійних соснових лісах.

Таблиці ходу росту є зрозумілою формою представлення аналітичної інформації про ріст деревостанів. Особливо вони важливі для практиків, фахівців, які працюють у лісовій галузі. Проте для науковців більшу цінність мають аналітична й графічна інтерпретації моделей росту. У той же час у працях зарубіжних дослідників відсутній термін «таблиці ходу росту», натомість використовують аналог за змістовим наповненням «таблиці продуктивності» (англ. «yield tables») (Assmann, 1970; Matthews et al., 2016), що, на думку авторів, є вдалішим поняттям для узагальнення переліку показників цих таблиць. Тому надалі ці терміни

вважатимемо синонімами.

Таблиці ходу росту за призначенням поділяють на нормальні (повні), модальні (найрозповсюдженіших деревостанів у природі) та оптимальні (цільові). Самосійні соснові ліси на сільськогосподарських землях ростуть без втручання людини і спеціалізованих лісогосподарських заходів. Оскільки вибірку модельних дерев здійснювали переважно у високоповнотних і високопродуктивних деревостанах, розроблені таблиці продуктивності відносимо до «повних». Проте польові дослідження свідчать, що частина цих лісів мають низьку зімкнутість, особливо у віці до 10 років (рис. 1).

Від створення перших таблиць ходу росту і до сьогодні між дослідниками відбувається наукова дискусія щодо класифікаційної одиниці, яку варто застосовувати для групування дослідних даних про ріст деревостанів. На сьогодні найчастіше нею є клас бонітету, рідше – тип лісу. Вибір класу бонітету для групування дослідних даних соснових самосійних деревостанів є оптимальним, оскільки використання типу лісу має певні обмеження. Досить часто на самозалісених ділянках ще не сформувалося лісове середовище, а на галявинах розвивається рясне трав'яне вкриття із лучної рослинності (Криницький та ін., 2023; Блищик, Чурілов, Гончаренко, 2024). Така ситуація ускладнює і без того не простий процес визначення типу лісу. Поряд з цим, у разі спрощеного лісовпорядкування для приватних власників має бути зрозумілим і простим процес оцінювання продуктивності самосійних лісів, оскільки значна частина самозалісених земель є розпайованою.



Рис. 1. Самосійний сосновий ліс різної відносної повноти на сільськогосподарських землях
Fig. 1. Naturally regrown pine forest of varying relative density in agricultural lands

Як вихідні дані для моделювання основних таксаційних показників було використано матеріалами як власних пробних площ (23 шт.), закладених у самосійних лісах п'яти областей Українського Полісся (Волинська, Рівненська, Житомирська, Київська та Чернігівська), так і матеріали бази даних кафедри таксації лісу та лісового менеджменту НУБіП України (159 шт.), закладених у природних деревостанах цього ж регіону. У базі даних ВО «Укрдержліспроект» (Довідник з лісового фонду..., 2012) відсутня повидільна таксаційна характеристика самосійних лісів, що унеможливило її використання для моделювання росту цих насаджень. Однак цей аспект не має істотного значення, адже, на відміну від повидільної бази даних, дані пробних площ відзначаються більшою повнотою і точністю.

Первинними таксаційними показниками моделювання таблиць росту соснових деревостанів на самозалісених ділянках Українського Полісся були такі: верхня (H_B) та середня (H) висоти, середній діаметр (D), сума площ поперечних перерізів (G), видова висота (H^B), середній діаметр (D^B) і висота (H^B) частини деревостану, що вибирається. Інші таксаційні показники обчислювали за загальноприйнятою методикою (Строчинський, Швиденко, Лакида, 1992; Цурик, 2008). Точність та адекватність розроблених математичних моделей перевіряли з використанням статистичних критеріїв (коефіцієнта детермінації – R^2 , аналізу розподілу залишків). При цьому параметри моделей таксаційних показників встановлювали за допомогою регресійних залежностей.

Отже, моделювання росту й продуктивності самосійних лісів буде здійснено з позицій системного підходу. Використовуючи дослідні дані, зібрані під час польових робіт, буде здійснено розроблення математичних моделей ходу росту, які відображатимуть динаміку середніх таксаційних показників самосійних лісів на землях сільськогосподарського призначення Українського Полісся. На основі цих моделей буде запропоновано відповідні нормативно-довідкові матеріали, відомі як таблиці продуктивності (ходу росту).

Результати (Results).

Моделювання динаміки таксаційних показників деревостану розпочали з верхньої висоти, яка відображає ріст найбільших за рангом по діаметру (найтовстіших) дерев.

Для отримання кривої-гйд за верхньою висотою соснових деревостанів природного походження на перелогах Українського Полісся проведено аналіз росту 24 модельних дерев, зрубаних на пробних площах, які займають найвищі ранги за діаметрами. Але оскільки дослідні дані обмежуються віком 18 років, виникла необхідність додати до них результати обміру трьох

модельних дерев природних деревостанів із бази даних кафедри таксації лісу та лісового менеджменту НУБіП України. Критерієм відбору була найвища енергія росту у висоту модельних дерев, яка найбільше відповідає тренду росту самосійних соснових лісів.

Використовуючи ростову функцію Г. Томазіуса (Кивисте, 1988), отримано модель кривої-гйд (1) у відносних одиницях, яка достовірно відображає закономірності зміни експериментальних даних:

$$H_B = 7,3321 \cdot (1 - \exp(-0,07157 \cdot A \cdot (1 - \exp(-0,003938 \cdot A))))^{0,5613}, \quad (1)$$

де H_B – верхня висота деревостану у відносних одиницях; A – вік деревостану, років.

Для переходу до абсолютних висот поділили перший коефіцієнт моделі 1 на 6,923 (відносна висота у віці 100 років), а для суміщення її зі шкалою М.М. Орлова (Білоус та ін., 2021) використали базову висоту верхньої границі класу бонітету насінних деревостанів у віці 100 років ($H_{баз}^{100}$): I^a – 45,9; I^c – 42,1; I^b – 38,3; I^a – 34,5; I – 30,7; II – 26,8; III – 23,0; IV – 19,2; V – 15,4; V^a – 11,6 м.

Модель 1 з урахуванням базової висоти верхньої межі класу бонітету набуде виду:

$$H_B = (1,05916 \cdot (1 - \exp(-0,07157 \cdot A \cdot (1 - \exp(-0,003938 \cdot A))))^{0,5613}) \cdot H_{баз}^{100}. \quad (2)$$

Зважаючи на те, що у виробничій діяльності лісгосподарських підприємств чи під час лісовпорядкування верхню висоту практично не застосовують, тому виконано перехід від верхньої висоти до середньої за допомогою наступного рівняння:

$$H = H_B^{1,06876} \cdot 0,9471 \cdot A^{-0,05499}. \quad (3)$$

Кореляція між верхньою і середньою висотами є майже лінійною (Горошко та ін., 2004), тому частка пояснення дисперсії експериментальних даних моделлю становить $R^2 = 1,0$. Аналіз залишків рівняння показав їх рівномірне розміщення, а отримана модель повноцінно відобразила закономірності експериментальних даних. Отримані коефіцієнти рівняння було перевірено на їх статистичну значущість.

Наступним таксаційним показником, що підлягав моделюванню, був середній діаметр. Кореляційний аналіз підтвердив високу ступінь зв'язку середнього діаметра із середньою висотою ($r = 0,94$) і віком ($r = 0,89$). Оскільки жодні спеціалізовані лісгосподарські заходи у самосійних соснових лісах не проводилися, а відбуваються лише природні процеси зріджування, можемо припустити, що відносна повнота не впливає на значення середнього діаметра. Кореляційний аналіз показує відсутність істотного впливу

відносної повноти на величину середнього діаметра ($r = -0,21$), а залежністю є оберненою.

Математичну модель середнього діаметра розробили на основі даних 159 пробних площ, 23 з яких закладено у самосійних лісах. Використано масив даних природних насаджень Українського Полісся (Лакида, & Алексіюк, 2017), який містить незначну кількість пробних площ (2 шт.) молодого віку (I–II класи віку). Також з нього були виключені низькопродуктивні насадження (IV і нижчі класи бонітету), оскільки наразі такі не трапляються на самозалісених землях Полісся.

Моделювання процесу дало змогу отримати рівняння, яке характеризується високим коефіцієнтом детермінації ($R^2 = 0,87$):

$$D = (1,15406 + 1,35446 \cdot \exp(-6,8986 \cdot A)) \cdot H. \quad (4)$$

Одним із аргументів моделі 4 виступає середня висота, а отже вона придатна для моделювання середнього діаметра будь-якого класу

бонітету. Представлене графічне порівняння експериментальних значень зі змодельованими підтверджує високу точність опису дослідних даних цим рівнянням (рис. 2).

Для апроксимації динаміки суми площ перерізів (G) було випробувано багато ростових функцій з різними залежностями та факторами впливу (Кивисте, 1988). Найприйнятніші результати забезпечила ростова функція Л. Берталанффі, але дещо видозмінена. Зазвичай під час застосування ростових функцій, як незалежну змінну використовують вік насаджень (Лакида, Терентьєв, Васишин, 2012). Проте низкою досліджень (Лакида та ін., 2012а; Лакида та ін., 2012b; Строчинський та ін., 1992) підтверджено, що значущий вплив на величину суми площ поперечних перерізів має саме висота деревостану. Оскільки аргументом виступає середня висота, немає необхідності здійснювати поділ насаджень за класами бонітету.

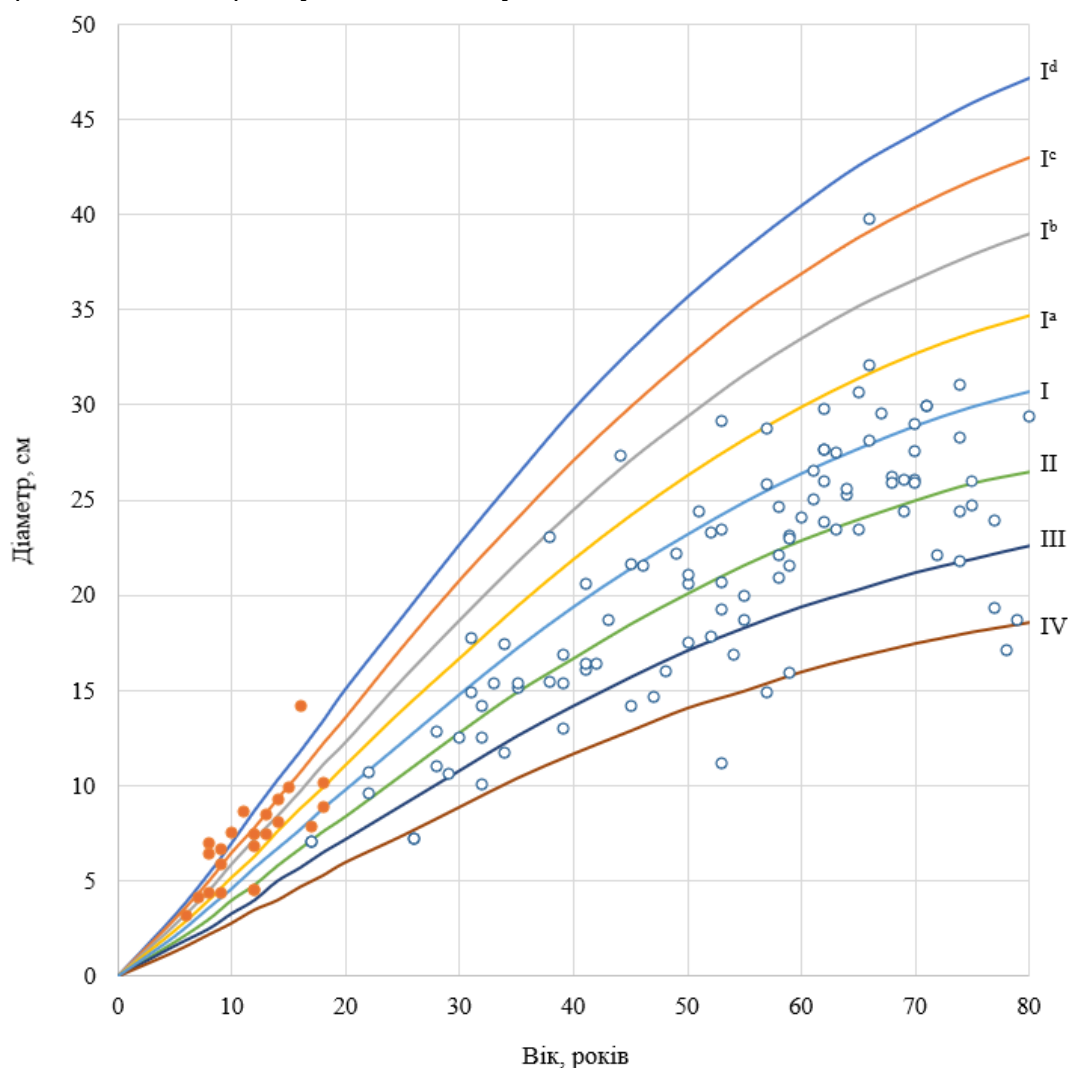


Рис. 2. Порівняння фактичних значень середнього діаметра за даними пробних площ (оранжеві кола – самосійні ліси, сині – природні сосняки) з їх змодельованими значеннями за класами бонітету для самосійних соснових лісів

Fig. 2. A comparison of actual mean diameter values based on sample plot data (orange circles – regrowth forests on former agricultural areas, blue circles – natural pine standson forest lands) with their predicted values by site index for self-seeded pine forests

Вихідними даними для розроблення моделі G були результати обмірів на 19 пробних площах у самосійних соснових лісах на сільськогосподарських землях, а також на 63 пробах, закладених у природних насадженнях, але з подібною зміною досліджуваного показника. Математична модель, яка описує динаміку суми площ поперечних перерізів самосійних соснових лісів, має такий вид:

$$G = 41,0945 \cdot (1 - \exp \cdot (-0,248 \cdot H) - (1 - \exp \cdot (0,00321 \cdot H)))^{2,2582}. \quad (5)$$

З метою унаочнення результатів моделювання G , фактичні значення нанесли на змодельовані криві цього показника для самосійних соснових лісів Українського Полісся (рис. 3).

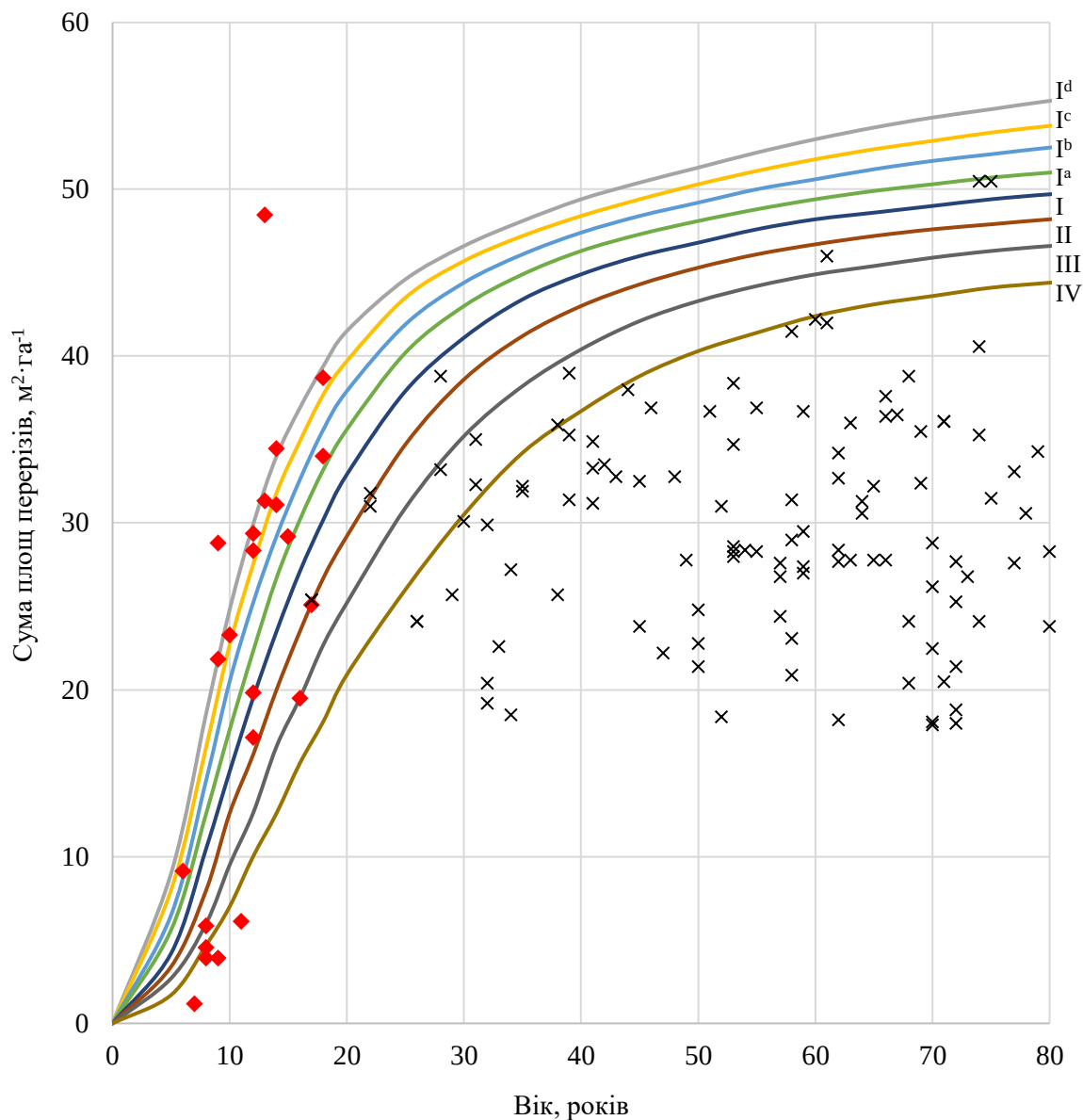


Рис. 3. Порівняння фактичних значень сум площ поперечних перерізів за даними пробних площ з їх змодельованими значеннями за класами бонітету

Fig. 3. A comparison between the observed basal area values based on sample plot data and the predicted values by site index classes

Окрім суми площ поперечних перерізів (абсолютної повноти), ще одним показником, який має важливе значення, є видове число (F). Зазвичай під час розробки таблиць продуктивності (Лакида та ін., 2012а; Лакида, Терентьев, Васишин, 2012) моделюють спочатку запас деревостану, а видове число розраховують за допомогою формули (Білоус та ін., 2021). Однак на по-

казник запасу впливає дуже багато факторів, тому доцільніше здійснити моделювання видової висоти. Вона має меншу мінливість, а також давно відома її стійка лінійна залежність від середньої висоти деревостану.

Вирівнювання динаміки видових висот може здійснюватися з використанням різних багатоваріантних залежностей, де аргументами можуть

бути середній вік, діаметр чи висота. Але найчастіше в процесі моделювання застосовують рівняння прямої, що описує залежність видової висоти від середньої висоти деревостану (Цурик, 2008). Отримана модель видових висот самосійних соснових лісів Українського Полісся набуває виду:

$$HF = 1,7775 + 0,3873 \cdot H. \quad (6)$$

Аналіз даних табл. 1 дає підставу стверджувати, що обидва коефіцієнти рівняння є значущими на 5%-му рівні, тобто модель можна вважати адекватною з високим коефіцієнтом детермінації ($R^2 = 0,96$).

Таблиця 1. Біометрична характеристика коефіцієнтів моделі видової висоти
Table 1. Biometric characteristics of the coefficients of the height form factor model

Коефіцієнт	Значення коефіцієнта	Стандартна похибка	t-критерій Стюдента	Нижня границя значення коефіцієнта	Верхня границя значення коефіцієнта
<i>a</i>	1,7775	0,107	16,7	1,567	1,988
<i>b</i>	0,3873	0,005	71,2	0,377	0,398

Графічна інтерпретація також підтверджує, що розроблена модель адекватна вихідним даним і досить добре описує видові числа за даними

закладених пробних площ як у самосійних, так і в природних лісах регіону (рис. 4).

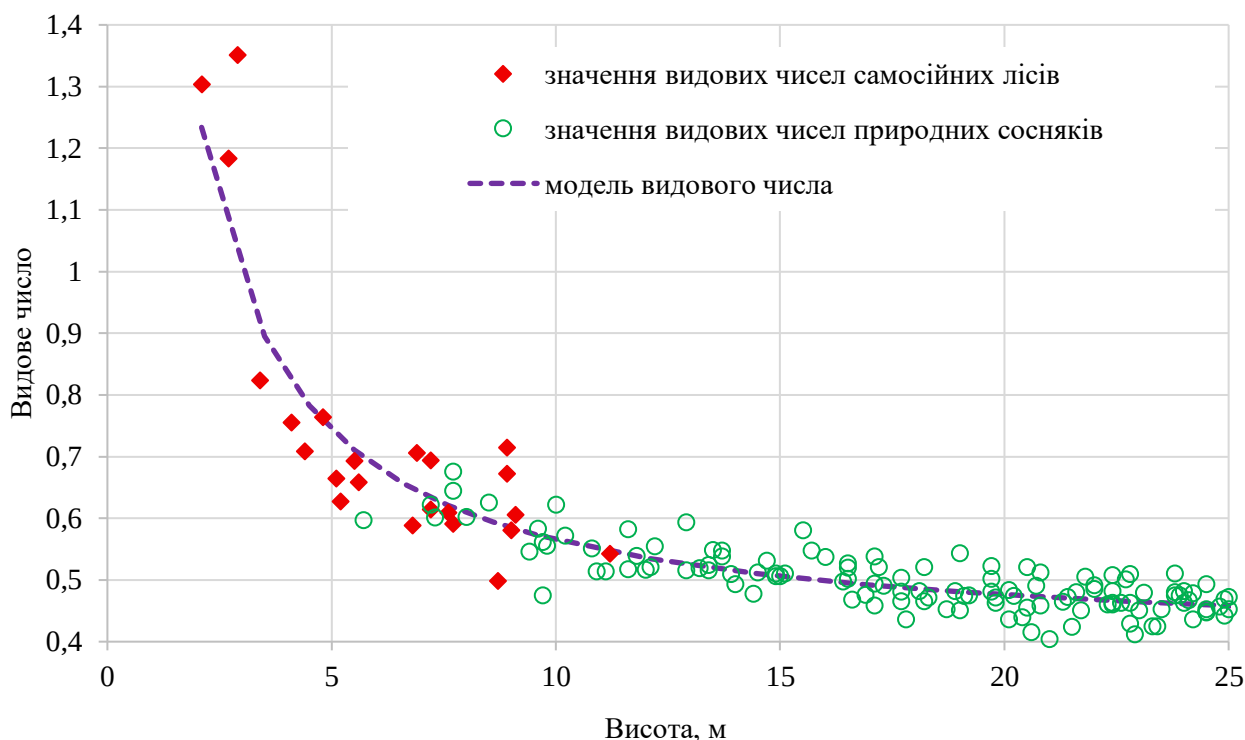


Рис. 4. Порівняння моделі видового числа із даними пробних площ
Fig. 4. A comparison between the form factor model and the observed data from sample plots

Інші показники ростучої частини деревостану у тому чи іншому віці визначали за відомими у лісовій таксації формулами:

– запас деревостану (M): $M = G \cdot H \cdot F$; (7)

– кількість стовбурів (N) на 1 га:

$$N = \frac{40000 \cdot G}{\pi \cdot D^2}; \quad (8)$$

– середню зміну запасу (Δ^{cp}):

$$\Delta^{cp} = \frac{M}{A}; \quad (9)$$

– поточна зміна запасу ($\Delta^{пт}$): $\Delta^{пт} = \frac{M_A - M_{A-10}}{n}, \quad (10)$

де M_A – запас деревостану у віці A , м³; M_{A-10} – запас деревостану 10 років тому (у віці $A-10$), м³.

Таблиці продуктивності ростучого у певному віці повного (нормального) соснового деревостану на самозалісених землях розроблено для I^d–IV класів бонітету, а їхній фрагмент для найпоширенішого I^b класу бонітету (43% від усієї кількості проб) наведено в табл. 2.

Також у таблицях продуктивності (ходу росту) повних (нормальних) насаджень повинна міститися інформація щодо тієї частини деревостану, яка

вибирається. Тому існує необхідність щодо розроблення моделей динаміки таксаційних показників частини деревостану, яку вибирають

під час проведення господарських заходів, чи внаслідок природного відпаду дерев при самозріджуванні насаджень.

Таблиця 2. Ріст повного соснового деревостану за основними таксаційними показниками на самозалісених землях Українського Полісся (І^б клас бонітету)

Table 2. Growth of the fully stocked pine stand by main stand attributes on self-seeded areas of the Ukrainian Polissia (site class I^b)

Вік, років	Деревостан							зміна запасу, м ³ ·га ⁻¹	
	середня висота, м	середній діаметр, см	кількість стовбурів, шт.·га ⁻¹	сума площ поперечних перерізів, м ² ·га ⁻¹	видове число	запас, м ³ ·га ⁻¹		середня	поточна
5	2,3	2,7	11752	6,5	1,159	17		3,5	–
10	5,0	5,8	7604	20,1	0,741	75		7,5	7,5
15	7,9	9,1	4791	31,1	0,613	150		10,0	13,3
20	10,7	12,4	3148	37,9	0,553	225		11,3	15,0
25	13,5	15,6	2189	42,0	0,519	295		11,8	14,5
30	16,2	18,7	1611	44,5	0,497	359		12,0	13,4
35	18,8	21,7	1246	46,2	0,482	418		12,0	12,4
40	21,2	24,5	1006	47,4	0,471	474		11,8	11,5
45	23,5	27,1	841	48,4	0,463	526		11,7	10,7
50	25,5	29,4	724	49,2	0,457	574		11,5	10,0
55	27,3	31,5	639	50,0	0,452	618		11,2	9,2
60	29,0	33,4	576	50,6	0,449	658		11,0	8,4
65	30,4	35,1	528	51,2	0,446	694		10,7	7,6
70	31,7	36,6	491	51,7	0,443	726		10,4	6,8
75	32,8	37,9	463	52,1	0,442	754		10,1	6,0
80	33,7	38,9	440	52,4	0,440	779		9,7	5,2

Моделювання частини деревостану, що вибирається, проводили на основі дослідних даних, зібраних під час суцільного переліку дерев на пробних площах у самосійних соснових деревостанах на землях сільськогосподарського призначення. Для цього окремо виділяли ту частину, яку належить вибрати з деревостану, а потім обчислили значення середньої висоти і середнього діаметра. Використовуючи ці показники, визначили редуційне число частини, що вибирається (R_x), за формулою:

$$R_x = \frac{\bar{x}_B}{\bar{x}}, \quad (11)$$

де $\bar{x}_B$ – середнє значення таксаційного показника частини, що вибирається; $\bar{x}$ – середнє значення таксаційного показника деревостану в цілому.

Для моделювання редуційних чисел було апробовано різні аналітичні вирази. Використовуючи метод прямої регресії (функцію від віку деревостану) було отримано моделі редуційних чисел середніх висоти (12) і діаметра (13):

$$R_H = 0,8577 + 0,000694 \cdot A^{1,0215}, \quad (12)$$

$$R_D = 0,6757 + 0,000254 \cdot A^{1,4363}, \quad (13)$$

де R_H – редуційне число середньої висоти; R_D – редуційне число середнього діаметра.

Величина коефіцієнтів детермінації моделей 12 і 13 становить, відповідно, 0,52 і 0,63. Проаналізувавши залишки цих моделей, можна стверджувати, що їхня дисперсія постійна і фактично не зростає, відхилення від рівняння регресії не мають систематичного характеру. Отже, розроблені моделі адекватні та придатні для побудови таблиць продуктивності частини деревостану, що вибирається. Середню висоту (H_B) та середній діаметр (D_B) частини, що вибирається, знаходили за формулами:

$$H_B = H \cdot R_H, \quad (14)$$

$$D_B = D \cdot R_D. \quad (15)$$

Запас частини, що вибирається (m_B), визначали за формулою:

$$m_B = \frac{\pi}{40000} \cdot D_B^2 \cdot N_B \cdot H_B \cdot \left(\frac{1,7775 + 0,3873 \cdot H_B}{H_B} \right). \quad (16)$$

Варто зауважити, що у формулі 16 для обчислення видового числа частини деревостану, яка вибирається, використовували відповідно середню висоту (H^B) цієї частини та модель 6.

Інші таксаційні показники частини, що вибирається, визначали за загальновідомими формулами:

кількість дерев на 1 га частини, що вибирається (N_B):

$$N_B = N_A - N_{A+10}, \quad (17)$$

де N_A – загальна кількість дерев на 1 га деревостану у віці A років, шт.·га⁻¹; N_{A+10} – загальна кількість дерев на 1 га деревостану у віці $A+10$ років, шт.·га⁻¹;

сума запасів частини деревостану, що вибирається в певному віці ($\sum m_A^B$):

$$\sum m_A^B = m_A^B + \sum m_{A-10}^B, \quad (18)$$

де m_A^B – запас, що вибирається із насадження зараз, м³; $\sum m_{A-10}^B$ – сума запасів частини деревостану, що вибирається 10 років тому, м³.

Завершальним етапом розроблення таблиць продуктивності (табл. 3) є обчислення загальної продуктивності (W_A), загального середнього (Z_A^{cp}) та поточного ($Z_A^{пт}$) приростів деревостану:

$$W_A = M_A + \sum m_{A-10}^B, \quad (19)$$

$$Z_A^{cp} = \frac{W_A}{A}, \quad (20)$$

$$Z_A^{пт} = \frac{W_A - W_{A-10}}{10}, \quad (21)$$

де W_{A-10} – загальна продуктивність 10 років тому (у віці $A-10$), м³·га⁻¹.

Таблиця 3. Динаміка таксаційних показників повного соснового деревостану на самозалісених землях Українського Полісся (зокрема, й тієї частини, що вибирається) I^b класу бонітету

Table 3. Dynamics of stand attributes of the fully stocked pine stand on self-seeded areas of Ukrainian Polissia (including the removed part of stand due to thinning) of site index I^b

Вік, років	Частина деревостану, що вибирається					Загальна продуктивність, м ³ ·га ⁻¹	Загальний приріст, м ³ ·га ⁻¹	
	середня висота, м	середній діаметр, см	кількість стовбурів, шт.·га ⁻¹	запас, м ³ ·га ⁻¹	сума запасів, м ³ ·га ⁻¹		середній	поточний
5	2,0	1,8	–	–	–	17	3,5	–
10	4,4	4,0	4457	19	19	75	7,5	7,5
15	6,8	6,3	2602	35	35	150	10,0	13,3
20	9,4	8,6	1536	48	67	244	12,2	16,9
25	11,9	11,0	943	57	92	330	13,2	18,0
30	14,3	13,3	605	62	129	426	14,2	18,2
35	16,6	15,6	405	64	156	511	14,6	18,0
40	18,8	17,8	281	64	192	603	15,1	17,6
45	20,9	19,9	202	62	218	681	15,1	17,1
50	22,8	21,9	148	60	252	766	15,3	16,3
55	24,6	23,8	111	56	274	836	15,2	15,4
60	26,2	25,6	85	52	304	910	15,2	14,4
65	27,6	27,3	65	48	322	968	14,9	13,2
70	28,9	28,9	51	43	347	1030	14,7	12,0
75	30,0	30,3	40	39	360	1076	14,3	10,8
80	31,0	31,7	31	34	381	1126	14,1	9,6

Табличне представлення моделей 14–21 (див. табл. 3) для I^b класу бонітету є продовженням попередньої табл. 2. Дані характеризують динаміку загальної продуктивності, загального середнього та

поточного приросту (рис. 5), а також таксаційних показників тієї частини повного соснового деревостану на самозалісених землях, що може вибиратися під час проведення доглядових рубань.

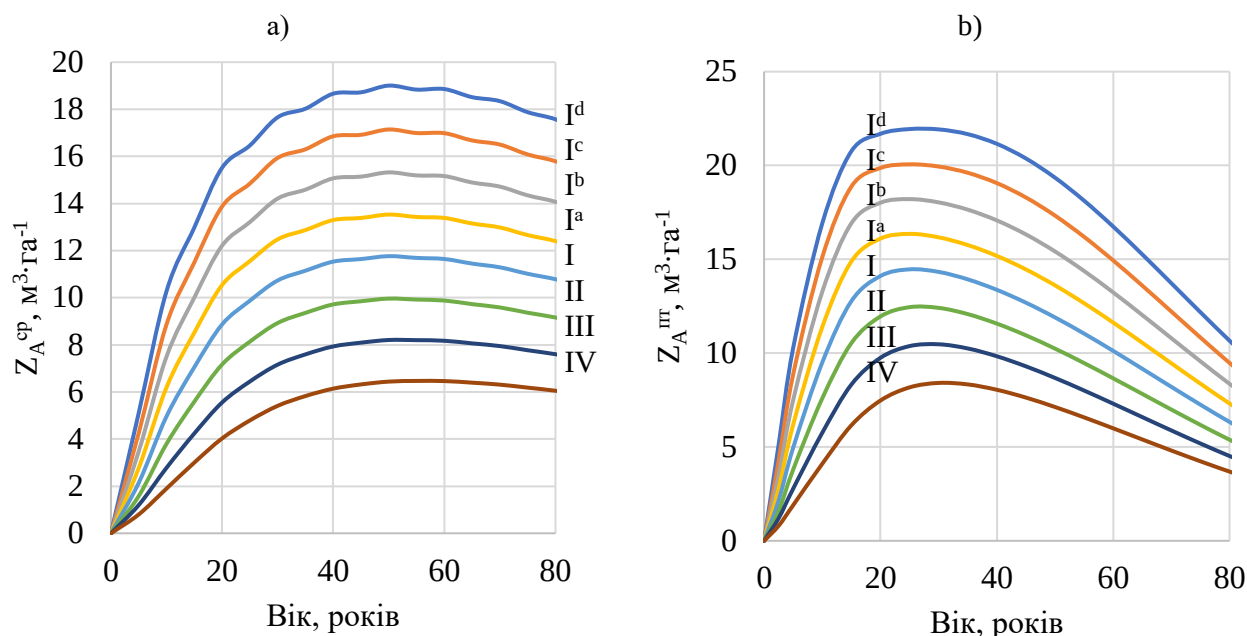


Рис. 5. Динаміка загального середнього (а) та поточного (б) приростів
 Fig. 5. Dynamics of total mean (a) and current (b) annual increment

Дискусія (Discussion).

Енергія росту у висоту самосійних лісів, особливо у молодому віці, значно перевищує таку ж у соснових штучних і природних лісах. Наприклад, у віці 10 років різниця може складати більше 30% для природних і понад 20% – для штучних деревостанів (Лакида, Блищик, 2024). Однак аналіз подальшої динаміки росту свідчить про поступове зменшення різниці за висотою порівняно зі штучними сосновими деревостанами (Лакида, Терентьєв, Васишин, 2012). Проте з природними сосняками (Лакида, Алексіюк, 2017) відхилення за висотою значуще й після 50 років і складає понад 10%. З підвищенням класу бонітету ця різниця стає істотною.

Порівняння росту за діаметром самосійних лісів з іншими сосновими деревостанами Українського Полісся дає змогу встановити певні тенденції (рис. 6). Так, у молодому віці (до 20 років) середній діаметр досліджуваних деревостанів перевищує такий у природних (Лакида, Алексіюк, 2017) та штучних модальних (Лакида, Терентьєв, Васишин, 2012) на понад 30%. Стосовно штучних сосняків ця тенденція зберігається впродовж усього вікового проміжку, проте середній діаметр природних модальних деревостанів поступово наближається до такого у самосійних, а у 80 років вже є

більшим на 2%. Зі штучними оптимальними (Строчинський та ін., 1992), природними повними (Білоус та ін.,) та штучними модальними деревостанами на староорних землях (Лакида та ін., 2012b) різниця за діаметром у молодому віці є меншою та складає близько 20%. У віці стиглості (після 80 років) ріст за діаметром самосійних і повних соснових насаджень природного походження стає подібним.

Відхилення змодельованих величин абсолютної повноти (модель 5) від реальних даних (пробних площ) спостережено лише для природних насаджень (позначки «×» на рис. 3). Зважаючи, що переважна більшість пробних площ, закладених у соснових природних деревостанах, мають відносну повноту 0,6-0,8, то очевидно, що змодельовані значення сум площ поперечних перерізів будуть вищими. У той же час фактичні значення цього показника у самосійних соснових лісів (позначки «◇» на рис. 3) знаходяться у інтервалі кривих I^d–IV класів бонітету. Причина, насамперед, полягає у відсутності в них рубок догляду й інших лісгосподарських заходів. Відбуваються лише природні процеси зрідження насаджень, але вони не призводять до суттєвого зниження відносної повноти, оскільки на 15 пробних площах з 23 вона перевищує 1,0.

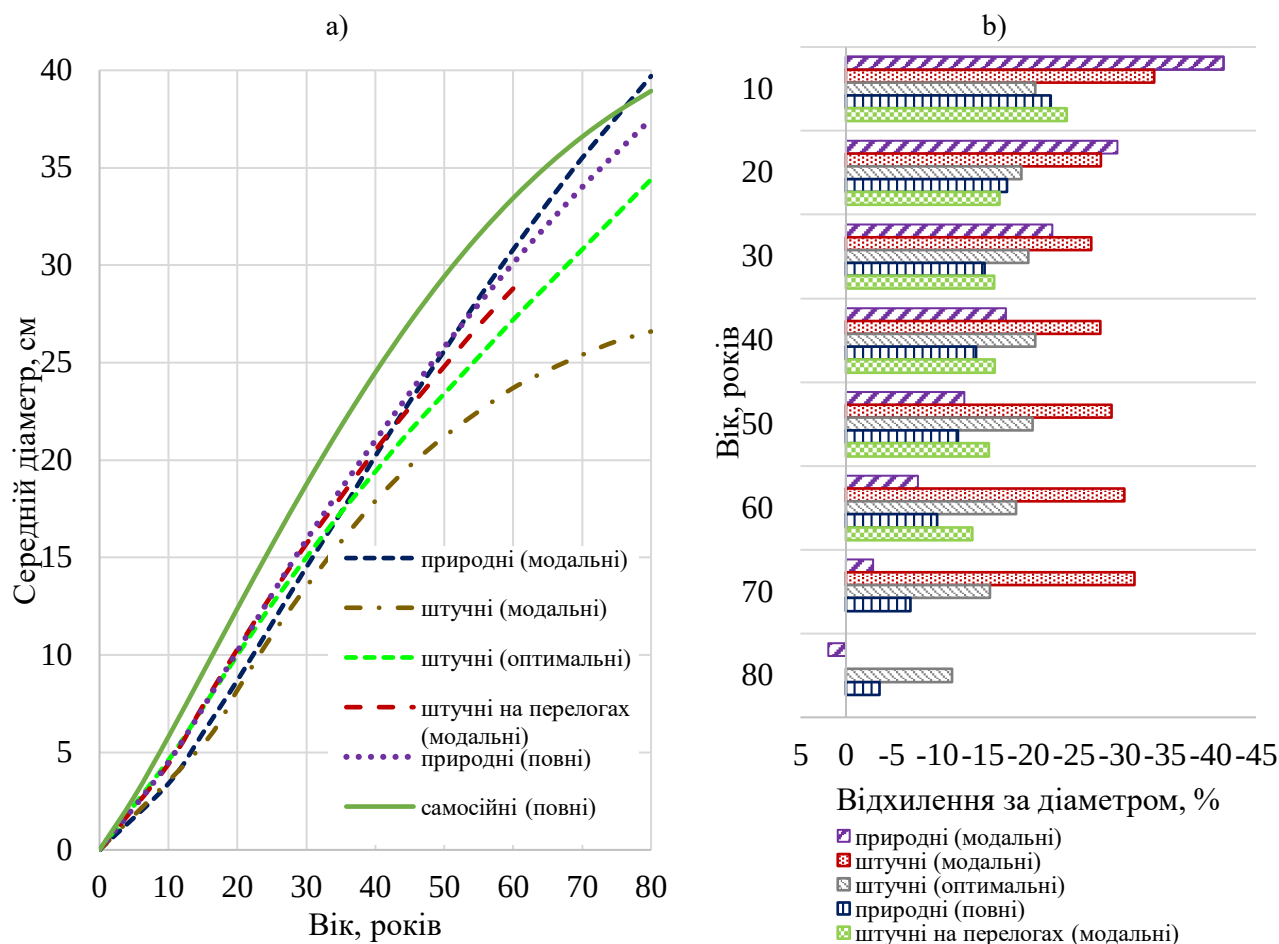


Рис. 6. Динаміка середнього діаметра різних соснових насаджень I^b класу бонітету (а) та відносні відхилення його значень щодо самосійних лісів (б)

Fig. 6. Dynamics of the mean diameter of various pine forests of site index I^b (a) and relative deviations of its values with respect to self-seeded forests (b)

Зазначені раніше особливості самосійних соснових лісів, а також результати моделювання суми площ поперечних перерізів, які близькі не до модальних (найпоширеніших) (Лакида, Терентьєв, Василюшин, 2012; Лакида, Алексіюк, 2017), а до повних (нормальних) чи оптимальних (Білоус та ін., 2021; Строчинський та ін., 1992) соснових насаджень, дають підставу стверджувати, що розроблені таблиці росту характеризуватимуть динаміку основних таксаційних показників соснових насаджень на землях сільськогосподарського призначення за повноти 1,0.

Максимум загального середнього приросту самосійних соснових насаджень настає у віці 50–70 років залежно від класу бонітету (див. табл. 3, рис. 5). Наприклад, за I^b класу бонітету його максимум у самосійних лісах настає у 50 років, у природних (Лакида, Алексіюк, 2017) – в 60–75, у штучних (Лакида, Терентьєв, Василюшин, 2012) – в 40 років. В той же час у IV класі бонітету загальний середній приріст максимального значення набуває у самосійних, природних і штучних соснових насаджень відповідно у 55–60, 55–85 і 60–70 років.

Запас насадження та його продуктивність є інтегральними показниками, які характеризують стан деревостану або результати ведення господарської діяльності в ньому. Аналізуючи ці показники соснових насаджень Українського Полісся за різними таблицями ходу росту, стає очевидно, що до віку стиглості самосійні ліси на сільськогосподарських землях (за умови їх збереження і сталого лісокористування) можуть досягати продуктивності повних природних насаджень (рис. 7). У молодому віці їхній запас є на 30–50% більшим порівняно з іншими сосновими насадженнями. Починаючи з 35-річного віку, загальна продуктивність штучних модальних деревостанів на староорних землях характеризується високими значеннями. Імовірною причиною цього явища є обмежений віковий діапазон дослідних даних. Автори таблиць ходу росту (Лакида та ін., 2012b) зазначали, що середній вік представлених у таблицях насаджень становить 42 роки.

Основою розроблених нормативів є нові дослідні дані, зібрані у 2019–2023 роках. Отже, дослідний матеріал отримано в умовах кліматичних змін, які впливають на закономірності

росту та розвитку лісових екосистем. Надалі отримані дослідні дані можна використовувати

для оцінювання не лише сировинних, але й екосистемних функції самосійних лісів.

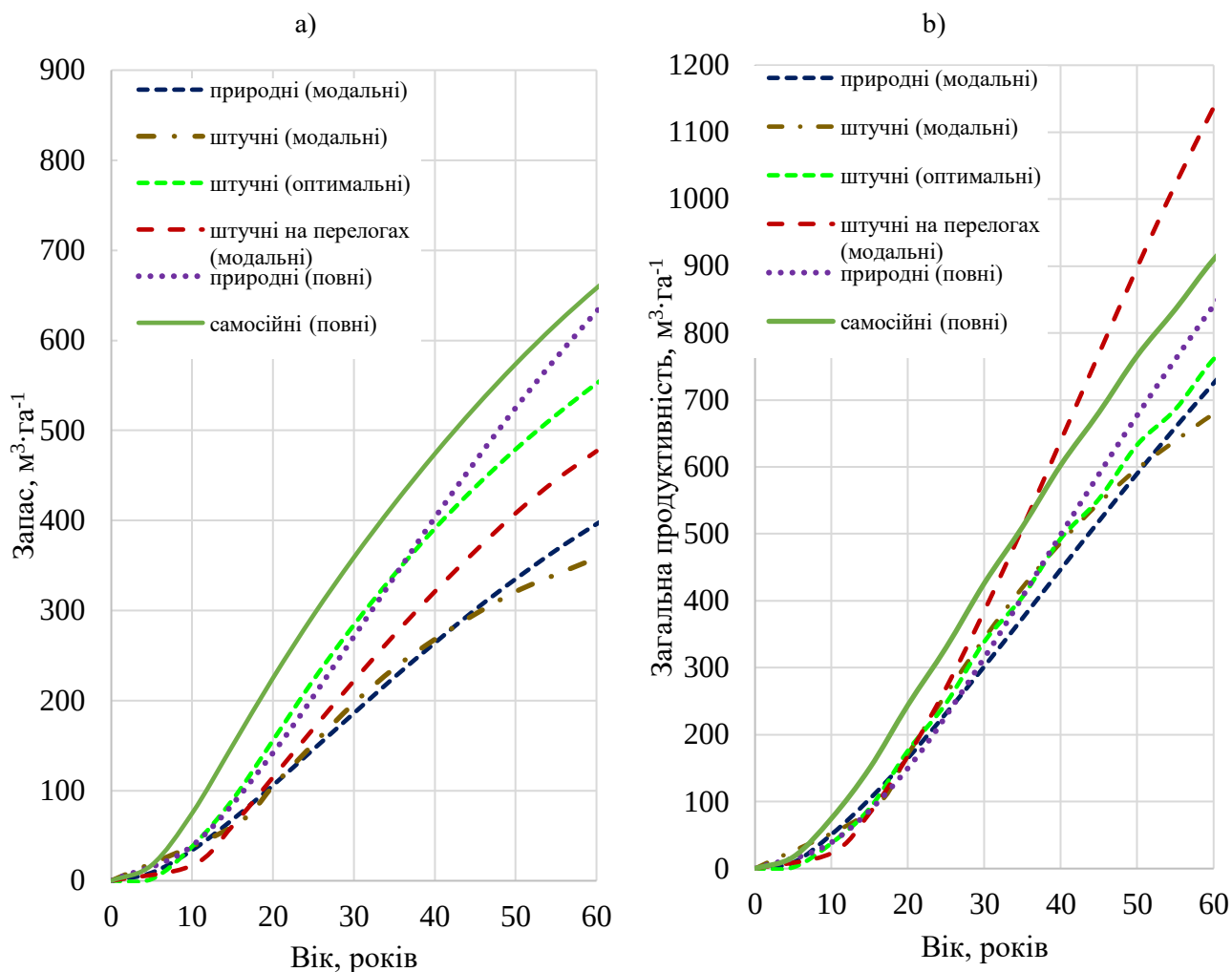


Рис. 7. Динаміка запасу (а) та загальної продуктивності (б) соснових насаджень I^b класу бонітету
Fig. 7. Dynamics of growing stock volume (a) and gross productivity (b) of various pine forests of site index I^b

Висновки (Conclusions).

1. Самосійні соснові ліси на землях сільськогосподарського призначення відрізняються за таксаційними характеристиками від природних і штучних, що належать до лісового фонду. У зв'язку з цим, виникла потреба розробки окремих нормативів для їхнього обліку у формі таблиць ходу росту чи продуктивності.

2. Модель верхньої висоти надає змогу опрацювати динамічну бонітетну шкалу самосійних соснових лісів, яка відображає ріст деревостанів у висоту за різними класами бонітету. Аналіз результатів моделювання суми площ поперечних перерізів підтвердив припущення, що розроблені таблиці продуктивності відносяться до повних (нормальних) та характеризують динаміку основних таксаційних показників соснових насаджень на землях сільськогосподарського призначення за повноти 1,0.

3. Одержані моделі динаміки таксаційних показників самосійних соснових деревостанів Українського Полісся (верхньої та середньої висоти, середнього діаметра, суми площ поперечних перерізів, видової висоти, середніх діаметра і висоти частини деревостану, що вибирається) є достатньою основою для розроблення повних (нормальних) таблиць продуктивності цих насаджень I^d–IV класів бонітету з поділом на весь деревостан і його частину, що вибирається, під час проведення рубок формування й оздоровлення лісів.

4. Максимум поточного приросту у самосійних, природних і штучних соснових насадженнях настає відповідно у 30-50, 35-50 і 20-50 років залежно від класу бонітету. Найменшу відмінність між загальним середнім і поточним приростами самосійних соснових деревостанів спостережено у віці 55-65 років, тобто саме у цьому віці настає кількісна стиглість насаджень.

5. Моделі росту можуть бути корисними не лише для прогнозу динаміки таксаційних показників і потенційної продуктивності самосійних лісів у певному віковому періоді. Їх також можуть використати керівники лісгосподарських підприємств, власники земельних паїв, фахівці землепорядних чи природоохоронних організацій для оцінювання потенціалу самозалісених ділянок чи їх прибутковості, проєктування багатоцільового ведення лісового господарства та прийняття обґрунтованих рішень щодо зміни цільового призначення цих ділянок і збереження лісів.

Конфлікт інтересів (Conflicts of Interest).

Автори заявляють про відсутність у них відомих конкуруючих фінансових інтересів чи особистих зв'язків, які могли б вплинути на результати, представлені у цій статті.

Список літератури (References)

- Andersson, S. O. (1963). Yield tables for plantations of Scots pine in northern Sweden. *Meddelanden från Statens skogsforskningsinstitut*, 51(3), 337. https://pub.epsilon.slu.se/10049/1/medd_statens_skogsforskningsinst_051_03.pdf
- Assmann, E. (1970). *The principles of forest yield study: Studies in the organic production, structure, increment, and yield of forest stands*. Oxford: Pergamon Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-006658-5.50003-0>
- Batti, F. (1971). *Yield tables and yield potential of Pinus sylvestris in Turkey*. Breisgau: Albert Ludwig Universitaet Freiburg.
- Bauger, E. (1995). *Tree volume functions and tables: Scots pine, Norway spruce and Sitka spruce in Western Norway*. NISK: Rapport fra Skogforsk.
- Bermejo, I., Cañellas, I., & San Miguel, A. (2004). Growth and yield models for teak plantations in Costa Rica. *Forest Ecology and Management*, 189(1–3), 97–110. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2003.07.031>
- Bilous, A. M. (2021). *Biological productivity and ecosystem functions of softwood deciduous forests in Ukrainian Polissya*. Zhytomyr: Buk-Druk. [Білоус, А. М. (2021). *Біопроодуктивність та екосистемні функції м'яколистяних лісів Українського Полісся*. Житомир: Бук-Друк. 814 с.] (in Ukrainian)
- Bilous, A. M., Kashpor, S. M., Myroniuk, V. V., Svinchuk, V. A., & Lesnik, O. M. (2021). *Forest inventory handbook*. Kyiv: "Vinichenko" Publishing House. [Білоус, А. М., Кашпор, С. М., Мironiuk, В. В., Свинчук, В. А., Леснік, О. М. (2021). *Лісотаксаційний довідник*. Київ: Видавничий дім «Вініченко». 424 с.] (in Ukrainian)
- Blyshchuk, V. I., Churilov, A. M., & Goncharenko, I. V. (2024). The impact of ecological factors on natural regrowth of fallow lands in Ukrainian Polissia. In *Current status, problems, prospects and tasks of forest regeneration in anthropocene: Proceedings of the All-Ukrainian scientific and practical conference* (pp. 16–17). Kyiv: National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u186/tezi_gordienko_100.pdf [Блищик, В. І., Чурілов, А. М., Гончаренко, І. В. (2024). Вплив екологічних факторів на природні процеси заліснення перелогів Українського Полісся. *Сучасний стан, проблеми, перспективи та завдання відтворення лісів в умовах антропоцену: матеріали Всеукраїнської наук.-практ. конф.* Київ: НУБіП України. 16–17.] (in Ukrainian)
- Černý, M., Pařez, J., & Malík, Z. (1996). *Yield and mensurational tables of the principal tree species of the Czech Republic*. Jílové u Prahy, Czech Republic: Ústav pro výzkum lesních ekosystémů.
- Dong, L., Pukkala, T., Li, F., & Jin, X. (2021). Developing distance-dependent growth models from irregularly measured sample plot data: A case for *Larix olgensis* in Northeast China. *Forest Ecology and Management*, 486, 118965. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.118965>
- Dudarev, A. D. (1960). Growth trends, commercial structure, and maturity age of pine stands in USSR. *Scientific Notes of Voronezh Forestry Institute*, XVIII, 73–89. [Дударев, А. Д. (1960). Особенности роста, товарная структура и возраст спелости сосновых насаждений УССР. *Научные записки ВЛТИ, XVIII*, 73–89.] (in Russian)
- Garcia Abejon, J. L., & Gomez Loranca, J. A. (1984). *Variable density yield table for Pinus sylvestris in central Spain*. Madrid: Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias.
- Gatzojannis, S. (1997). Growth and yield of Scots pine stand in Elatia forest. *Geotechnical Scientific Issues*. Greece: Geotechnical Chamber of Greece.
- Giurgiu, V. I., Decei, I., & Armasescu, S. (1972). *The biometry of trees and stands in Rumania: Forest mensuration tables*. Bucharest: Editura Ceres.
- Goroshko, M. P., Myklush, S. I., & Khomyuk, P. G. (2004). *Biometrics*. Lviv: Kamula. [Горошко, М. П., Миклуш, С. І., Хомюк, П. Г. (2004). *Біометрія*. Львів: Камула. 236 с.] (in Ukrainian)
- Handbook of the forest fund of Ukraine (based on the materials of the state forest register of Ukraine as of 01.01.2011)*. (2012). Irpin: State Forest Resources Agency of Ukraine. [Довідник з лісового фонду України (за матеріалами державного обліку лісів України станом на 01.01.2011 р.). (2012). Ірпін: Державне агентство лісових ресурсів України.] (in Ukrainian)
- Kiviste, A. K. (1988). *Forest growth functions*. Tartu: Publishing House of the Estonian Agricultural

- Academy. [Кивисте, А. К. (1988). *Функции роста леса*. Тарту: Издательство Эстонской с.-х. академии.] (in Russian)
- Koivisto, P. (1959). Growth and yield tables. *Communications Instituti Forestalis Fenniae*, 51, 1–44.
- Kramarets, V., Popovich, M., & Bojko, O. (2019). Influence of ecological and biological features of tree species on successions in the forests of the Ukrainian Carpathians. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 18, 11–20. doi.org/10.15421/411901 [Крамарець, В. О., Попович, М. В., Бойко, О. З. (2019). Вплив еколого-біологічних властивостей деревних порід на сукцесії в лісах Українських Карпат. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 18, 11–20.] (in Ukrainian)
- Krastanov, K. N., Beljakov, P., & Schikov, K. (1976). Growth and yield of *Pinus sylvestris* plantations. *Gorskostopansa Nauka*, 13, 39–50.
- Krynytskyi, H., Korol, M., Lavnyu, V., Kovaleva, V., Kramarets, V., Krynytska, O., & Mahuran, V. (2023). Forestry and ecological features of distribution and improvement of biotic stability of pine forests in the conditions of Lviv region. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 25, 87–97. https://doi.org/10.15421/412306 [Криницький, Г. Т., Король, М. М., Лавний, В. В., Ковальова, В. А., Крамарець, В. О., Криницька, О. Г., Магуран, В. К. (2023). Лісівничо-екологічні особливості поширення та підвищення біотичної стійкості соснових лісостанів в умовах Львівського регіону. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 25, 87–97.] (in Ukrainian)
- Krynytskyi, G., Zaika, V., & Ivanytskyi, R. (2013). Natural afforestation and forest ecological, morphological and physiological features for formation of stands on abandoned agricultural lands of the north-western Podillya. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 11, 41–50. https://fasu.nltu.edu.ua/index.php/nplanu/article/view/323 [Криницький, Г. Т., Заїка, В. К., Іваницький, Р. С. (2013). Природне заліснення та лісівничо-екологічні і морфофізіологічні особливості формування лісостанів на покинутих сільськогосподарських землях північно-західного Поділля. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 11, 41–50.] (in Ukrainian)
- Laar, A. V., & Akça, A. (2007). *Forest mensuration* (Vol. 13). Dordrecht: Springer Netherlands. http://link.springer.com/10.1007/978-1-4020-5991-9
- Lakyda, P. I., & Aleksiuk, I. L. (2017). *Natural pine stands of Polissya of Ukraine: Prognosis growth and productivity*. Korsun-Shevchenkivskyi: IE Maidachenko I. S. [Лакида, П. І., Алексіук, І. Л. (2017). *Природні соснові деревостани Полісся України: Прогнозування росту та продуктивності*. Корсунь-Шевченківський: ФОП Майдаченко І. С. 138 с.] (in Ukrainian)
- Lakyda, P. I., Bilous, A. M., Vasylyshyn, R. D., Matushkevich, L. M., & Makarchuk, Y. I. (2012a). *Bioproductivity and energy potential of soft-leaved stands of Ukrainian Polissia*. Korsun-Shevchenkivskyi: IE Gavryshenko V. M. [Лакида, П. І., Білоус, А. М., Василишин, Р. Д., Матушевич, Л. М., Макачук, Я. І. (2012). *Біопродуктивність та енергетичний потенціал м'яколистяних деревостанів Українського Полісся*. Корсунь-Шевченківський: ФОП Гаврищенко В. М. 454 с.] (in Ukrainian)
- Lakyda, P., & Blyshchik, V. (2024). Productivity and ecological functions of naturally regrown pine forests of the Ukrainian Polissia. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 27, 129–138. https://doi.org/10.15421/412420 [Лакида, П., Блищик, В. (2024). Продуктивність та екологічні функції самосійних соснових лісів Українського Полісся. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 27, 129–138.] (in Ukrainian)
- Lakyda, P. I., Lashchenko, A. G., Makarchuk, Y. I., Rozvod, S. V., Vasylyshyn, R. D., Domashovets, G. S., & Terentiev, A. Yu. (2012b). *Carbon sequestration role of pine stands created on old arable land*. Korsun-Shevchenkivskyi: IE Maidachenko I. S. [Лакида, П. І., Лашченко, А. Г., Макачук, Я. І., Розвод, С. В., Василишин, Р. Д., Домашовець, Г. С., Терент'єв, А. Ю. (2012). *Вуглецедепонувальна роль соснових насаджень, створених на староорних землях*. Корсунь-Шевченківський: ФОП Майдаченко І. С. 216 с.] (in Ukrainian)
- Lakyda, P. I., Terentiev, A. Yu., & Vasylyshyn, R. D. (2012). *Artificial pine stands of Polissia of Ukraine – prognosis of growth and productivity*. Korsun-Shevchenkivskyi: IE Maidachenko I. S. [Лакида, П. І., Терент'єв, А. Ю., Василишин, Р. Д. (2012). *Штучні соснові деревостани Полісся України – прогноз росту та продуктивності*. Корсунь-Шевченківський: ФОП Майдаченко І. С. 172 с.] (in Ukrainian)
- Martinez Del Castillo, E., Zang, C. S., Buras, A., Hackett-Pain, A., Esper, J., Serrano-Notivol, R., ... De Luis, M. (2022). Climate-change-driven growth decline of European beech forests. *Communications Biology*, 5(1), 163. https://doi.org/10.1038/s42003-022-03107-3
- Matthews, R. W., Jenkins, T. A. R., Mackie, E. D., & Dick, E. C. (2016). *Forest yield: A handbook on forest growth and yield tables for British forestry*. Forestry Commission. https://www.forestryresearch.gov.uk/publications/forest-yield-a-handbook-on-forest-growth-and-yield-tables-for-british-forestry/

- The State Specialized Forest Enterprise "Forests of Ukraine". (2024). Naturally regrown forests sequester more carbon than stands of artificial and natural origin: Ukrainian scientists' research. Retrieved from <https://e-forest.gov.ua/samosijni-lisy-deponuiut-vuhletsiu-bilshe-za-shtuchni-i-pryrodni-derevostany-doslidzhennia-ukrainskykh-vchenykh/> [Самосійні ліси депонують вуглецю більше за штучні і природні деревостани: дослідження українських вчених. (2024). Державне спеціалізоване господарське підприємство «Ліси України».] (in Ukrainian)
- Petrenko, M. M. (2002). *Dynamics of phytomass and carbon sequestration of artificial pine stands of Ukrainian Polissia* (Doctoral dissertation, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine). [Петренко, М. М. (2002). Динаміка фітомаси та депонованого вуглецю штучних насаджень сосни Полісся України: дис. ... канд. с.-г. наук: 06.03.02. Київ: Національний аграрний університет.] (in Ukrainian)
- Poritskyi, H. A. (1978). Growth of young pine stands of artificial origin in complicated fairly fertile site types of the Izyaslav Forestry Enterprise of Khmelnytskyi region. *Issues of Optimization of Conditions for Growing Forest Stands: Scientific Proceedings of the Ukrainian Agricultural Academy*, 221, 58–62. [Порицкий, Г. А. (1978). Рост молодняков сосны искусственного происхождения в условиях сложных суборей Изяславского лесхоза Хмельницкой области. *Вопросы оптимизации условий выращивания лесных насаждений: науч. тр. УСХА*, 221, 58–62.] (in Russian)
- Savich, Yu. N. (1965). *Peculiarities of growth of pine stands of artificial origin in fresh fairly fertile site types of Polesia and Forest-Steppe* (Abstract of doctoral dissertation, Ukrainian Agricultural Academy, Kyiv, Ukraine). [Савич, Ю. Н. (1965). Особенности роста сосновых культур в свежих суборях Полесья и Лесостепи: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.02. Киев: Украинская сельскохозяйственная академия.] (in Russian)
- Schober, R. (Ed.). (1975). *Yield tables of important tree species*. Frankfurt am Main: Sauerländer. [Schober, R. (Ed.). (1975). *Ertragstafeln wichtiger Baumarten*. Frankfurt am Main, Germany: Sauerländer.] (in German)
- Socha, J., Tyimińska-Czabańska, L., Bronisz, K., Zięba, S., & Hawryło, P. (2021). Regional height growth models for Scots pine in Poland. *Scientific Reports*, 11, 10330. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-89826-9>
- Solymos, R. (1971). The yield of *Pinus sylvestris* stands in Hungary. *Erdeszeti-Kutatasok*, 67(1), 203–232.
- Starostenko, V. P. (1967). *The growth of pine young stands of artificial origin in infertile site types steppe of USSR* (Abstract of doctoral dissertation, Ukrainian Agricultural Academy, Kyiv, Ukraine). [Старостенко, В. П. (1967). Ход роста сосновых молодняков искусственного происхождения в пристепных борах УССР: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.02. Киев: Украинская сельскохозяйственная академия.] (in Russian)
- Stopkan, V. V. (1962). *Pine stands of artificial origin on old arable land of Polesia in USSR* (Abstract of doctoral dissertation, Ukrainian Agricultural Academy, Kyiv, Ukraine). [Стопкань, В. В. (1962). Культуры сосны на старопашотях Полесья УССР: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Киев: Украинская сельскохозяйственная академия.] (in Russian)
- Strochinsky, A. A., Shvidenko, A. Z., & Lakyda, P. I. (1992). *Growth models and productivity of optimal forests*. Kyiv: Ukrainian Agricultural Academy Publishing House. [Строчинский, А. А., Швиденко, А. З., Лакида, П. И. (1992). *Модели роста и продуктивность оптимальных древостоев*. Киев: Изд-во УСХА. 144 с.] (in Russian)
- Tyshchuk, A. A. (1956). *The growth, anatomy and structure by quality classes of pine stands (Results of research in western regions of USSR)* (Abstract of doctoral dissertation, Ukrainian Agricultural Academy, Kyiv, Ukraine). [Тищук, А. А. (1956). Ход роста, строение и сортиментная структура сосновых насаждений (Результаты исследований в западных районах УССР): автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.02. Киев: Украинская сельскохозяйственная академия.] (in Russian)
- Tsuryk, E. I. (2008). *Estimation of stand dynamics*. Lviv: Ukrainian National Forestry University. [Цурик, Є. І. (2008). *Таксація динаміки деревостанів*. Львів: НЛТУ України. 328 с.] (in Ukrainian)
- Zhezhkun, A. M., & Porokhniach, I. V. (2025). Features of the formation of self-seeded Scots pine forests on abandoned agricultural lands in Eastern Polissia and the northeastern part of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Forestry and Forest Melioration*, 147, 3–17. <https://doi.org/10.33220/1026-3365.147.2025.3> [Жежкун, А. М., Порохняч, І. В. (2025). Особливості формування самосійних лісів сосни звичайної на колишніх сільськогосподарських землях Східного Полісся та північно-східної частини Лівобережного Лісостепу. *Лісівництво і агролісомеліорація*, 147, 3–17.] (in Ukrainian)

Growth and yield models for naturally regrown Scots pine forests of the Ukrainian Polissia

V. Blyshchyk¹, P. Lakyda²

Presented are the results of a study on the dynamics of the main stand attributes of naturally regrown (self-seeded) Scots pine forests on former agricultural lands. The aim of this study is to investigate the growth processes of pine stands that have naturally regrown on abandoned land in the Ukrainian Polissia without human intervention or silvicultural treatments. The research dataset includes the results of the authors' own studies conducted in self-seeded forests across five regions of the Ukrainian Polissia (Volyn, Rivne, Zhytomyr, Kyiv, and Chernihiv), as well as data on natural stands of Scots pine in this region obtained from the database. Overall, the research material encompasses 182 sample plots established using a specialized methodology.

The following stand parameters were modeled: dominant and average heights, mean diameter, basal area, height form factor, and the mean diameter and height of the portion of the stand removed during thinning. Other stand parameters included in yield tables were calculated using formulas commonly accepted in forest mensuration.

The parameters of the models of stand attributes were determined using regression dependences, and their accuracy and adequacy were verified using statistical criteria (coefficient of determination and residual analysis). The dominant height growth curve was developed based on the H. Tomasius growth function. For practical application, it was adapted to the M. M. Orlov scale, and the transition from dominant to average height was performed. The energy of height growth of self-seeded forests, especially at a young age, significantly exceeds that of comparable pine forests of artificial and natural origin.

At the age of 10 years, the difference may exceed 30% for natural forests and over 20% for planted forests belonging to the forest fund. The arguments for the mean diameter model are the average age ($r = 0.89$) and average height ($r = 0.94$), therefore, it is suitable for modelling any site index

class. The relative stand density does not affect the mean diameter ($r = -0.21$), since no specialised forestry measures have been carried out in naturally regrown pine forests, and only self-thinning processes occur. In order to approximate the dynamics of the basal area, a modified growth function by L. Bertalanffy was used, where the argument is the average height of the stand. Significant deviations of the model from the experimental data are observed only in pine stands on lands designated for forestry purposes, since the vast majority of sample plots established there have a relative density ranging between 0.6 and 0.8. Therefore, the results of modelling stand basal area of naturally regrown pine forests provide grounds to conclude that the developed yield tables will characterise the dynamics of the main stand parameters at a relative density of 1.0. Modelling of the removed part of stand due to thinning was carried out using the direct regression method (as a function of average age) with the use of reduction numbers. The developed set of mathematical models enables a highly accurate assessment of the main growth characteristics of self-seeded forests on agricultural lands. Based on these, yield tables were developed for site indexes I^d-IV of fully stocked (normal) stands. The maximum total annual increment of self-seeded pine stands occurs at the age of 50–70 years, depending on site index. The maximum current annual increment in naturally regrown forests, and stands of natural and artificial origin, occurs at the age of 30–50, 35–50, and 20–50 years, respectively. The most minor difference between the total annual and current increment of self-seeded pine stands is observed at the age of 55–65 years, that is, it is at this age that the stands reach quantitative maturity.

Key words: *Pinus sylvestris* L.; forest stand parameters dynamics; site index; mean diameter; average height; stand basal area; current annual increment; abandoned agricultural lands; self-seeded area; forest regrowth.

¹Volodymyr Blyshchyk – PhD in Agricultural Sciences, associate professor, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 15 Heroiv Oborony St., Kyiv, 03041, Ukraine. E-mail: blysh@nubip.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5440-3142>

²Petro Lakyda – Full Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, First Vice-President of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Honored Worker of Science and Technology of Ukraine, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the scientific support sector of the State Enterprise "Forests of Ukraine", 6 Bolsunovska St., Kyiv, 01601, Ukraine. E-mail: petro.lakyda@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3639-2969>



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

<http://fasu.nltu.edu.ua>
<https://doi.org/10.36930/412533>
Article received 2025.04.25
Article revised 2025.10.02
Article accepted 2025.10.23
Article published 2026.03.16

ISSN 1991-606X print
ISSN 2616-5015 online
@ ✉ Correspondence author
Stepan Myklush
msi_s@ukr.net
103 General Chuprynka St.,
Lviv, 79057, Ukraine

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 (CC BY 4.0) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)



УДК 630*5

Перспективи заготівлі деревини лісогосподарськими підприємствами Львівщини

С.І. Миклуш¹, Ю.С. Миклуш², С.А. Гаврилюк³

Потреба економіки держави в якісній діловій деревині визначає необхідність підвищення продуктивності і біотичної стійкості насаджень, формування їхньої оптимальної структури та раціонального багатоцільового використання лісових ресурсів, обсяг якого визначають розрахунковою лісосікою.

Встановлено, що у лісовому фонді досліджених підприємств частка використання середньої зміни запасу становить близько 60%, а запасу стиглих і перестійних деревостанів – лише 52-55% від запасу повних деревостанів. Значними на підприємствах є площі лісового фонду (від 13 до 40%), які вилучено із головного користування лісом, що позначилось на обсягах заготівлі деревини від рубок головного користування. В умовах ДП «Бродівське лісове господарство»⁴ рубками головного користування вибирають, залежно від господарств, 67-70% зміни запасу, а в умовах ДП «Дрогобицьке лісове господарство» цей показник майже у два рази менший.

¹ Миклуш Степан Іванович – академік Лісівничої академії наук України, доктор сільськогосподарських наук, професор кафедри лісової таксації та лісовпорядкування. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. E-mail: msi_s@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9762-1190>

² Миклуш Юрій Степанович – кандидат сільськогосподарських наук, доцент. Технологічний університет Шеннона, вул. Університетська, м. Атлон, графство Вестміт, Ірландія. E-mail: yuriy.myklush@tus.ie ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1940-1045>

³ Гаврилюк Сергій Анатолійович – член-кореспондент Лісівничої академії наук України, кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри лісової таксації та лісовпорядкування. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. E-mail: serhii.havryliuk@nltu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0361-0624>

⁴ Назви лісогосподарських підприємств наведено відповідно до того, як вони офіційно називалися в період проведення досліджень (2020–2021 рр.).

В Україні у 2023 р. заготовлено 15,7 млн м³ деревини, з них рубками головного користування – 6,7 млн м³, а заходами з поліпшення санітарного стану заготовлено 5,4 млн м³ деревини, що становить понад 80% від обсягу рубок головного користування.

Удосконаливши законодавство щодо заготівлі деревини вибірковими методами на ділянках, які виключені із розрахунку головного користування та вилучивши із лісового фонду підприємств лісостани інвазійних видів, можна підвищити частку використання середньої поточної зміни запасу до 75%, що забезпечить збільшення обсягів заготівлі деревини в межах досліджуваних підприємств на 30 тис м³. Застосувавши такий підхід для лісового фонду України загалом, отримаємо змогу заготовити 18,7 млн м³ деревини. Упорядкувавши виконання рубок догляду за лісом у середньовікових деревостанах і вибіркових санітарних рубок, забезпечивши формування стиглих деревостанів з відносною повнотою 0,75-0,8, можна підвищити запаси стиглих деревостанів майже на 35-40%.

Ключові слова: лісовий фонд; лісівничо-таксаційні показники; розрахункова лісосіка; національна інвентаризація; наближене до природи лісівництво.

Вступ (Introduction).

Ліси виконують різнопланові функції. В останні роки у світі, поряд із заготівлею деревини, зростає значення рекреаційно-оздоровчих та екологічних функцій, зокрема, щодо регулювання стоку, депонування вуглецю та продукування кисню, впливу на клімат (Миклуш, 2011; Васишин, 2013; Costanza et al., 2014; Швиденко та ін., 2014; Albrich, Rammer, & Seidl, 2020; Білоус, 2021). Поряд з цим, постійне зростання потреб у якісній діловій деревині визначає необхідність підвищення продуктивності і біотичної стійкості лісостанів, формування їхньої оптимальної структури та раціонального багатоцільового використання. Зокрема актуальною є проблема збільшення обсягів заготівлі високоякісної товарної деревини для потреб економіки держави, яку заготовляють згідно з розрахунковою лісосікою.

Відповідно до положення Лісового кодексу України (2006) розрахункова лісосіка – це щорічна науково обґрунтована норма заготівлі деревини рубками головного користування. Її величину затверджують для кожного власника чи постійного користувача лісів окремо за групами деревних видів. Вона повинна забезпечити безперервність та невиснажливості використання лісових ресурсів. Під час заготівлі деревини у стиглих і перестиглих деревостанах рубками головного користування створюють умови для відтворення високопродуктивних деревостанів. Відповідно до «Методики визначення...» (2000), щорічна заготівля не повинна перевищувати обсягу загального середнього приросту деревини господарської секції. Прийнята розрахункова лісосіка повинна в якомога коротший термін досягнути розміру лісосіки рівномірного користування та залишатись незмінною. Поряд з цим, важливим питанням залишається пошук шляхів збільшення обсягів заготівлі деревини, що може бути зумовлено удосконаленням структури лісового фонду, впровадженням цінних,

швидкорослих і перспективних деревних видів, оптимізацією вікової структури та обґрунтуванням обороту рубки (Дебринюк та ін., 2022; Myklush et al., 2024; Дебринюк, Миклуш С., Миклуш Ю., 2024).

Зокрема, на основі ефективнішого використання стиглого лісу та пришвидшеного процесу заміни тимчасових секцій на основні, запропоновано удосконалений варіант оптимізації розрахункової лісосіки для сукупності господарських секцій лісогосподарського підприємства (Кашпор, Гірс, 2010) Дослідники (Гірс, Содолінський, 2014; Содолінський, Гірс, Кашпор, 2014) пропонуючи оптимізаційні розрахунки використання лісових ресурсів у лісгоспах Київщини на підставі чинних та запропонованих оборотів рубки, вважають, що одним із шляхів оптимізації розрахункової лісосіки може бути удосконалення обороту рубки. На доцільність застосування диференційованого підходу до обороту рубки головного користування та використання ресурсів у лісах різного функціонального призначення вказує О.А. Гірс (2011). У зв'язку з цим, важливо оцінити вікову структуру лісового фонду підприємства, характер розподілу площ і запасів деревостанів за класами та групами віку, формування середнього приросту в межах господарських секцій утворених господарських частин, що позначається на величині розрахункової лісосіки підприємств.

Мета роботи – проаналізувати особливості формування лісівничо-таксаційних показників деревостанів основних деревних видів досліджуваних лісогосподарських підприємств та обсяги заготівлі деревини в них і запропонувати засади раціонального використання стиглих деревостанів.

Практична значимість результатів дослідження полягає у рекомендації шляхів формування продуктивних деревостанів і підвищення обсягів заготівлі високоякісної товарної деревини.

Об'єкти і методика дослідження (Objects and methods).

Об'єкт досліджень – формування лісового фонду та обсягів спеціального використання лісових ресурсів у лісогосподарських підприємствах. *Предмет досліджень* – встановлення обсягів заготівлі деревини відповідно до нормативної бази і структури лісового фонду окремих підприємств Львівщини та апроксимація їх до загальнодержавного рівня.

Дослідження виконані на основі матеріалів бази даних лісовпорядкування 2020-2021 рр. державних підприємств «Бродівське лісове господарство» і «Дрогобицьке лісове господарство» та опрацьованих для цих підприємств проектів організації та ведення господарства.

Для вивчення лісівничо-таксаційних характеристик деревостанів підприємств використано загальноприйняті у лісівництві, лісовій таксації

та лісовпорядкуванні методики (Гром, 2005; Гірс, Новак, Кашпор, 2004; Миклуш та ін., 2022; Постанова..., 2023). Під час статистичного опрацювання дослідних даних застосовували біометричні методи (Горошко, Миклуш, Хомяк, 2004) і пакети програми Microsoft Excel. Для виконання мети роботи застосовано рекогносцирувальні, лісівничо-таксаційні та порівняльної екології методи досліджень.

Результати (Results).

За даними з відкритих джерел, незважаючи на відносно невеликі відмінності у загальній площі лісів, в Україні, порівняно з іншими країнами, заготовляють менше деревини (табл. 1). Так, у Німеччині заготовляють у 4-5 разів, у Польщі – у 2-3 рази більше деревини. Зокрема, в Польщі у 2023 р. заготовлено майже 39 млн. м³ грубої деревини, а в Німеччині значною була частка деревини, що заготовлена від пошкоджених насаджень.

Таблиця 1. Обсяг заготівлі деревини у країнах Європи
Table 1. The volume of timber harvesting in European countries

Країна	Рік	Загальна площа лісів, млн га	Лісистість, %	Обсяг заготівлі, млн м ³		Приріст деревини	
				всього	пошкоджені дерева	загальний, млн. м ³	середньо річний, м ³ ·га ⁻¹
Польща	2022	9,3	29,6	42,6	–	63,6	9,0
	2023			41,66	–		
Німеччина	2021	11,4	32,7	83,0	60,1	121,6	11,2
	2022			78,7	44,7		
	2023			70,6	38,7		
	2024			61,2	27,3		
Румунія	2023	6,6	27,8	19,17	–	58,0	8,7
Україна	2023	10,4	15,9	15,7	–	35,0	3,9
	2024			14,9	–		

За матеріалами публічних звітів Голови Держлісагентства України за 2023 та 2024 роки, запас деревини в лісах оцінюється в межах 2,3 млрд м³ (в Німеччині – 3,7 млрд м³), середньорічний приріст на 1 га в лісах становить 3,9 м³·га⁻¹ за середнього запасу деревини в лісах Держлісагентства 251 м³·га⁻¹, а в лісах України загалом – 235 м³·га⁻¹ (у Німеччині – 336 м³·га⁻¹). Необхідно зазначити, що із заготовлених у 2023 та 2024 рр. в Україні 15,6 та 14,9 млн м³ деревини відповідно, підприємствами Держлісагентства України, які організовують ведення господарства на 7,6 млн га (73%) вкритих лісовою рос-

линністю лісових ділянок України, заготовлено 13,1 та 12,6 млн. м³ деревини. Тобто, на 27% площ лісового фонду, не підпорядкованого Держлісагентству, заготовлено лише 15-16% деревини.

За даними державної служби статистики (Державна служба..., 2024), в Україні за останнє десятиліття найбільший обсяг деревини було заготовлено у 2018 р. – понад 22,5 млн м³, обсяги заготівлі якої поступово зменшувались і в 2024 р. становили 14,9 млн м³ (табл. 2). Основна причина зменшення – заготівля деревини лише на 83% площ лісів від довоєнного рівня.

Таблиця 2. Заготівля деревини за видами лісової продукції по регіонах у 2018-2023 роках (тис. м³)
Table 2. Timber harvesting by type of forest product by region in 2018–2023 (thousand cubic meters)

Рік	Обсяг заготовленої деревини	Обсяг заготовленого круглого лісу	У тому числі			
			ділового круглого лісу		паливної деревини	
			усього	хвойних	усього	хвойних
Україна						
2018	22529,7	19695,7	8976,0	6713,2	10719,7	6048,4
2019	20869,6	17886,6	9303,4	7314,8	8583,2	3950,6
2022	15934,3	15085,1	6395,8	4823,3	4823,3	3534,5
2023	15693,9	15252,1	6640,0	5149,7	5149,7	3762,9

Рік	Обсяг заготовленої деревини	Обсяг заготовленого круглого лісу	У тому числі			
			ділового круглого лісу		паливної деревини	
			усього	хвойних	усього	хвойних
Житомирська область						
2018	3929,7	3488,5	1076,3	889,8	2412,2	1881,9
2019	3621,7	3209,0	1752,5	1491,8	1456,5	938,6
Львівська область						
2018	1409,0	1210,6	558,3	424,9	652,3	265,5
2019	1231,9	1027,8	446,9	351,9	580,9	201,7

Серед аналізованих областей України, що наведені у табл. 2, найбільші обсяги деревини заготовляють у Житомирській області – 3,5-3,9 млн м³, а в Львівській області майже у три рази менші.

Обсяги заготівлі ліквідної деревини підприємствами Держлісагентства від усіх видів рубок за 2024 р. становили близько 12,6 млн м³, з яких лісоматеріалів круглих було заготовлено близько 5,8 млн м³ (Публічний звіт ..., 2024). У цьому документі відзначено, що в українських лісах щорічне використання приросту становить в межах 40%, тоді як в країнах Європейського Союзу використання щорічного приросту складає 70-80%, у окремих випадках – до 90%. Структура заготівлі деревини за групами деревних видів складається з лісоматеріалів хвойних видів – 7,5 млн м³, твердолистяних – 3,8 млн м³ і м'яколистяних – 1,3 млн кубічних метрів, тобто більша частина деревини, яку заготовляють в Україні, становлять лісоматеріали хвойних деревних видів, а саме – 60%. Частка деревини класу якості А становить близько 5% від усієї заготовленої деревини, класу якості В – від 16 до 20%, а більша частина обсягу заготівлі складає деревина класу якості С – близько 40%.

Характер формування структури лісового фонду та потенційні можливості заготівлі деревини двома державними лісгосподарськими підприємствами – Бродівським та Дрогобицьким, в яких у 2020-2021 рр. виконано роботи з лісоінвентаризації та розроблені проекти організації ведення господарства, дають змогу виявити особливості використання лісових ресурсів.

Обчислені за матеріалами польових досліджень лісовпорядкування лісівничо-таксаційні показники деревних видів підприємств вказують на певну їхню мінливість як в межах категорій лісів, так і господарських секцій. У лісовому фонді ДП «Бродівське ЛГ» обліковано різної площі та кількості ділянок деревостанів за переважання 23 деревних видів, а в умовах ДП «Дрогобицьке лісове господарство» – за переваги 19 видів. В обох підприємствах лісовпорядкуванням

виділено чотири категорії лісів, в яких найширше представлені характерні для регіону досліджень деревні види. У лісорослинних умовах ДП «Дрогобицьке ЛГ» переважають лісостани за участю дуба звичайного, бука лісового та ялиці білої, а в умовах ДП «Бродівське ЛГ» – за участю сосни звичайної, дуба звичайного і бука лісового.

За наведеними у табл. 3 і 4 лісівничо-таксаційних показників основних деревних видів можна стверджувати, що лісостани цінних деревних видів формуються на значних площах, але відзначаються невисокими середніми відносними повнотами та запасами. В умовах ДП «Бродівське ЛГ» найбільші середні запаси деревини характерні для насаджень за участю модрини європейської – 355 м³·га⁻¹, а середня зміна запасу становить 7,7 м³/га/рік, тоді як у дубових насадженнях за середнього віку 66 років середній запас становить 242 м³·га⁻¹, а середня зміна запасу – 3,7 м³/га/рік, тобто більш ніж у два рази менша порівняно з модриновими насадженнями. В умовах ДП «Дрогобицьке ЛГ» (див. табл. 4) лісорослинні умови сприятливі для росту насаджень сосни звичайної та дуба червоного, середня зміна запасу яких складає 6,0 та 6,1 м³/га/рік відповідно, а дуба звичайного – лише 3,0 м³/га/рік. Найвищими середніми запасами характеризуються деревостани сосни звичайної (394 м³·га⁻¹), бука лісового (363 м³·га⁻¹) та ялини європейської (362 м³·га⁻¹). Поряд з цим, в умовах підприємства насадження дуба червоного, які характеризуються значними запасами та площами, відповідно до чинного законодавства потребують вилучення як такі, що сформовані інвазійним деревним видом.

Спільною рисою деревостанів обох підприємств є те, що вони сформовані за невеликої середньої відносної повноти, яка, переважно, знаходиться в межах 0,59-0,69 і лише у насадженнях за участю модрини європейської та дуба червоного в умовах ДП «Бродівське ЛГ» середня відносна повнота насаджень перевищує 0,75, що відображається на запасах деревини.

Таблиця 3. Лісівничо-таксаційні показники насаджень основних деревних видів на вкритих лісовою рослинністю землях ДП «Бродівське лісове господарство»**Table 3. Forest-mensuration indicators for forest stands of main tree species in forested lands at the Brody State Forestry Enterprise**

Деревний вид	Площа, га	К-сть ділянок, шт.	Середній вік років	Середня повнота	Загальний запас, тис. м ³	Середня зміна запасу, тис. м ³	Середній запас, м ³ ·га ⁻¹	Середня зміна запасу, м ³ ·га ⁻¹ /рік
Бук лісовий	2296,2	612	61	0,69	666,56	9,27	290	4,8
Вільха чорна	2394,1	1092	42	0,67	376,28	7,68	157	3,7
Дуб звичайний	2241,6	779	66	0,69	542,68	7,57	242	3,7
Модрина європейська	436	170	46	0,81	154,7	3,03	355	7,7
Сосна звичайна	13036,7	3948	56	0,69	3717,71	59,81	285	5,1

Лісівничо-таксаційні показники деревостанів, розраховані для основних деревних видів підприємств, не суттєво різняться між собою в межах виділених категорій лісів. Детальніший аналіз характеристик основних деревних видів лісів спеціального використання (експлуатаційних лісів) свідчить, що площа експлуатаційних лісів у ДП «Бродівське ЛГ» сягає 80% лісового фонду, з яких майже половина – це соснові ліси, а в умовах ДП «Дрогобицьке ЛГ» найбільшу частку становлять дубові насадження, які охоплюють майже 27% вкритих лісовою рослинністю земель підприємства.

Характерними особливостями площ деревостанів і запасів є їхній нерівномірний розподіл за класами та групами віку і невисока повнота деревостанів незалежно від категорій лісів. Так, в умовах обох підприємств найбільшою середньою відносною повнотою 0,72-0,82 характеризуються молодняки, але зі збільшенням віку деревостанів їхня повнота знижується, що відображається на середніх запасах деревини на 1 га та, відповідно, і на обсязі заготівлі деревини у процесі рубок головного користування.

Таблиця 4. Лісівничо-таксаційні показники насаджень основних деревних видів на вкритих лісовою рослинністю землях ДП «Дрогобицьке лісове господарство»**Table 4. Forest-mensuration indicators for forest stands of main tree species in forested lands at the Drohobych State Forestry Enterprise**

Деревний вид	Площа, га	К-сть ділянок, шт.	Середній вік, років	Середня повнота	Загальний запас, тис. м ³	Середня зміна запасу, тис. м ³	Середній запас, м ³ ·га ⁻¹	Середня зміна запасу, м ³ ·га ⁻¹ /рік
Бук лісовий	5629,7	1414	87	0,63	2041,72	24,42	363	4,2
Дуб звичайний	10801,1	2872	77	0,65	2518,22	32,73	233	3,0
Дуб червоний	2053,8	720	54	0,74	675,01	11,97	329	6,1
Сосна звичайна	563,3	232	66	0,67	222,03	3,32	394	6,0
Ялина європейська	258,3	139	63	0,59	93,46	1,47	362	5,7
Ялиця біла	5746,9	1967	65	0,64	1715,88	25,25	299	4,6

Необхідно відзначити, що найбільшим значенням середньої повноти серед стиглих лісостанів в експлуатаційних лісах ДП «Бродівське ЛГ» характеризуються дубові деревостани – 0,61, дещо меншою (0,59) – соснові і ще меншою (0,55) – букові (табл. 5). Поряд з цим, середня відносна повнота пристиглих дубових деревостанів лише на 0,03 більша, ніж стиглих, що вказує, на нашу думку, на надмірне зрідження дубових деревостанів у процесі їхнього формування, оскільки

середньовікові деревостани характеризуються повнотою 0,69, тобто вони також суттєво зріджені. За подібної низької повноти формуються деревостани експлуатаційних лісів і ДП «Дрогобицьке ЛГ» (табл. 6), а найбільшими є запаси пристиглих насаджень.

Проте значні потенційні можливості вирощування продуктивних дубових деревостанів у лісорослинних умовах підприємств підтверджено наявністю окремих середньовікових деревос-

танів із запасами 440-450 м³·га⁻¹, які формуються в умовах Лагодівського л-ва, тоді як найпродуктивніші стиглі із запасом 400 м³·га⁻¹ в цих умовах підприємства збережені лише на двох ділянках.

Таблиця 5. Лісівничо-таксаційні показники деревостанів основних деревних видів експлуатаційних лісів ДП «Бродівське лісове господарство»
Table 5. Forest-mensuration indicators for forest stands of main tree species of commercial forests at the Brody State Forestry Enterprise

Деревний вид / групи віку	К-сть ділянок, шт.	Площа, га	Середній вік, років	Середня повнота	Сумарний запас, тис. м ³	Середня зміна запасу, тис. м ³	Середній запас, м ³ ·га ⁻¹	Середня зміна запасу, м ³ ·га ⁻¹ /рік
По підприємству			52	0,69	4603,44	77,71	254	4,9
<i>Сосна звичайна</i>	3199	10356,2	53	0,69	2889,38	48,51	279	5,3
молодняки	1104	2954,3	20	0,72	254,03	10,34	86	4,3
середньовікові	681	2170,8	53	0,75	743,89	13,79	343	6,5
пристиглі	681	3016,5	69	0,7	1154,36	16,54	383	5,5
стиглі	726	2198,3	89	0,59	723,27	7,82	329	3,7
перестійні	7	15,6	127	0,42	3,83	0,02	246	1,9
<i>Дуб звичайний</i>	593	1708,8	66	0,68	396,81	5,5	232	3,5
молодняки	136	296,6	17	0,73	20,04	0,65	68	4,0
середньовікові	243	856,4	64	0,69	221,05	3,44	258	4,0
пристиглі	136	363,7	91	0,64	102,96	1,03	283	3,1
стиглі	75	172,9	112	0,61	49,46	0,36	286	2,6
перестійні	3	19,2	200	0,4	3,3	0,02	172	0,9
<i>Бук лісовий</i>	441	1472,1	62	0,67	403,03	5,65	274	4,4
молодняки	161	323,8	19	0,8	34,23	1,34	106	5,6
середньовікові	32	140,2	51	0,72	40,81	0,81	291	5,7
пристиглі	38	166,6	69	0,74	55,58	0,8	334	4,8
стиглі	208	837	94	0,55	270,86	2,69	324	3,4
перестійні	2	4,5	159	0,55	1,55	0,01	344	2,2

В умовах ДП «Бродівське ЛГ» найбільшими запасами (550-570 м³·га⁻¹) характеризуються 85-90-річні деревостани модрина європейської і дуба червоного, а на окремих ділянках пристиглі соснові деревостани сягають запасів 500 м³·га⁻¹. В умовах ДП «Дрогобицьке ЛГ» найбільшими запасами – понад 700 м³·га⁻¹ характеризуються середньовікові ялицеві деревостани та дві ділянки стиглих насаджень, тоді як дубові середньовікові деревостани характеризуються запасом 440-460 м³·га⁻¹ (окремі дубові насадження в рекреаційно-оздоровчих лісах – 490 м³·га⁻¹).

Таблиця 6. Лісівничо-таксаційні показники насаджень основних деревних видів експлуатаційних лісів ДП «Дрогобицьке лісове господарство»
Table 6. Forest-mensuration indicators for forest stands of main tree species of commercial forests at the Drohobych State Forestry Enterprise

Деревний вид / групи віку	К-сть ділянок, шт.	Площа, г	Середній вік, років	Середня повнота	Сумарний запас, тис. м ³	Середня зміна запасу, тис. м ³	Середній запас, м ³ ·га ⁻¹	Середня зміна запасу, м ³ ·га ⁻¹
По підприємству			63	0,68	4009,24	60,82	275	4,4
<i>Дуб звичайний</i>	1665	6522,1	68	0,67	1476,85	21,13	226	3,3

Продовження таблиці 6

Деревний вид / групи віку	К-сть ділянок, шт.	Площа, га	Середній вік, років	Середня повнота	Сумарний запас, тис. м ³	Середня зміна запасу, тис. м ³	Середній запас, м ³ ·га ⁻¹	Середня зміна запасу, м ³ ·га ⁻¹
молодняки	389	959,1	20	0,82	79,35	3,06	83	4,1
середньовікові	618	2501,1	63	0,69	680,61	10,66	272	4,3
пристигли	388	2123,4	88	0,6	509,8	5,77	240	2,7
стигли	250	816,9	117	0,52	189,54	1,47	232	2,0
перестійні	20	121,6	123	0,51	17,55	0,17	144	1,2
<i>Бук лісовий</i>	587	2547	85	0,65	943,43	11,65	370	4,4
молодняки	63	153,9	22	0,75	14,27	0,54	93	4,2
середньовікові	233	1160,7	65	0,73	458,04	6,75	395	6,1
пристигли	80	427,6	90	0,67	175,24	1,97	410	4,6
стигли	177	702,3	116	0,52	263,56	2,25	375	3,2
перестійні	34	102,5	157	0,44	31,82	0,14	310	2,0
<i>Ялиця біла</i>	859	2518,6	50	0,69	700,13	12,73	278	5,6
молодняки	354	1052	21	0,76	110,28	3,77	105	5,0
середньовікові	174	572,3	50	0,73	202,17	4,06	353	7,1
пристигли	170	514,7	70	0,69	244,25	3,51	475	6,8
стигли	143	362,5	96	0,51	136	1,34	375	3,9
перестійні	8	17,5	135	0,46	7,43	0,05	425	3,1

Достовірність встановлених запасів деревостанів, які наведені у таксаційних описах насаджень, перевірено на підставі загальновідомої лісотаксаційної формули, за якою встановлено повнодеревність (видове число) дубових деревостанів. З'ясовано, що на більшості ділянок стиглих деревостанів показник повнодеревності стовбура змінюється в межах 0,415–0,422, тобто він є заниженим, оскільки він менший ніж значення, наведене в таблицях ходу росту для 100-річних дубових деревостанів I класу бонітету (Лісотаксаційний довідник, 2021), де повнодеревність становить 0,453. Отже цей приклад засвідчує, що запаси деревостанів занижені.

У насадженнях експлуатаційних лісів ДП «Дрогобицьке ЛГ» середня повнота стиглих деревостанів знаходиться в межах 0,51–0,52: найбільшим значенням характеризуються дубові молодняки – 0,82, а вже у пристиглому віці деревостани мають відносну повноту 0,6. Необхідно відзначити, що формування лісостанів за зниженої відносної повноти властиве не лише для експлуатаційних лісів, але й для захисних, рекреаційно-оздоровчих та природоохоронних лісів. Так, в умовах ДП «Бродівське ЛГ» найбільшим значенням відносної повноти (0,61) характеризуються стиглі соснові

деревостани рекреаційно-оздоровчих лісів і дубові – експлуатаційних лісів, а в умовах ДП «Дрогобицьке ЛГ» найбільше значення відносної середньої повноти (0,56) встановлено у захисних дубових лісах.

Зниження повноти середньовікових деревостанів позначається на загальних запасах деревини у стиглому віці та, відповідно, на обсягах потенційно можливої заготівлі деревини (рис. 1). Так у 90-річному віці наявні в умовах підприємства запаси соснових деревостанів становлять 55% від запасів повних деревостанів та 55–63% – від запасів повних насінних деревостанів (Лісотаксаційний довідник, 2021).

У дубових лісостанах підприємств, порівняно з повними природними деревостанами, середні запаси 110-річних насаджень становлять 65% в умовах Бродівського та 59% – в умовах Дрогобицького лісових господарств. Запаси деревостанів штучного походження в умовах ДП «Дрогобицьке ЛГ», які ростуть майже на половині площ дубових лісостанів підприємства, у стиглому віці становлять лише 50% від запасів повних насінних насаджень штучного походження (Лісотаксаційний довідник, 2021).

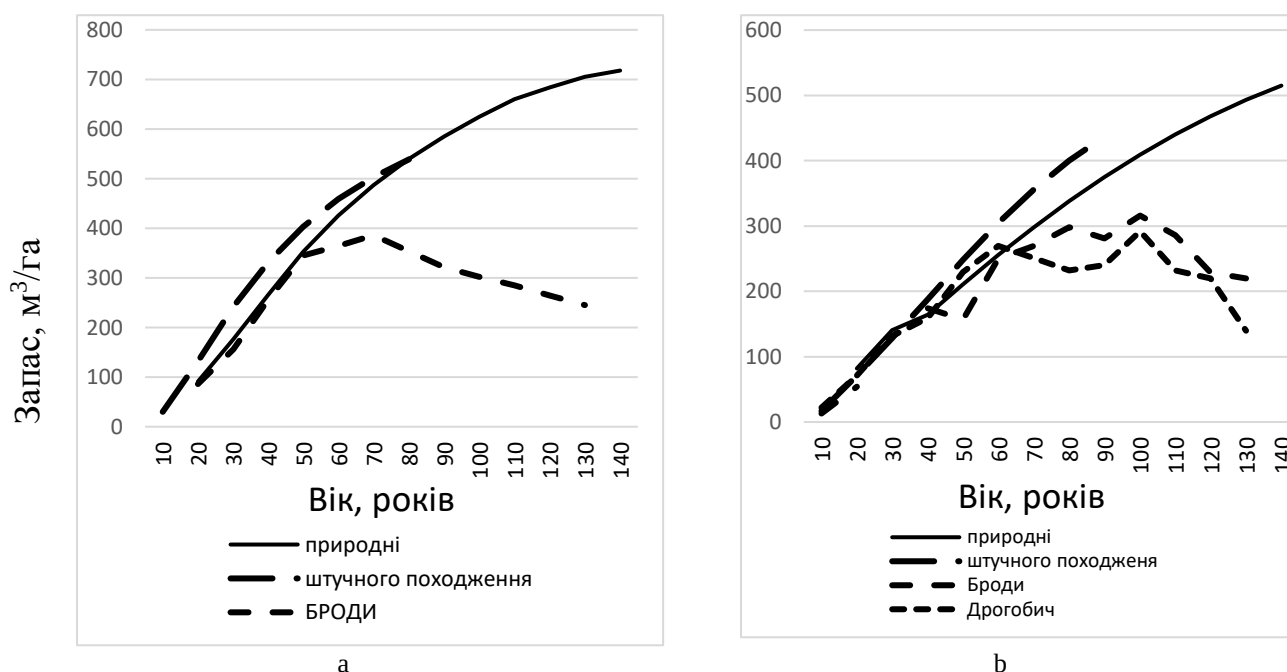


Рис. 1. Запаси повних соснових (а) і дубових (б) деревостанів за нормативами та в умовах підприємства
Fig. 1. Timber volumes of fully stocked pine (a) and oak (b) stands according to standards and under conditions of the enterprise

Вікова структура лісостанів головних деревних видів в аналізованих підприємствах також розбалансована. У категоріях лісів більшості господарств переважають середньовікові деревостани (табл. 7, 8). У рекреаційно-оздоровчих і природоохоронних лісах частка середньовікових перевищує середні показники оптимального розподілу більше, ніж у два рази, що позначається на частці стиглих деревостанів, які хоча і представлені в аналізованих категоріях лісів, але значна їхня частина виключена лісовпорядкуванням з розрахунку обсягу головного користування. Так, у ДП «Бродівське ЛГ» із

розрахунку розміру головного користування вилучено значні площі деревостанів 12 господарських частин, а у ДП «Дрогобицьке ЛГ» – ще на три більше (рис. 2).

Необхідно зауважити, що за умови збереження сьогоденнішніх підходів до ведення господарства – проведення інтенсивних вибірково-санітарних та прохідних рубок у старших класах середньовікових та пристиглих деревостанів, зменшення площ середньовікових деревостанів, які перейдуть у пристиглі, призведе до подальшого зменшення величини середньої зміни запасу деревини.

Таблиця 7. Розподіл площ основних деревних видів за групами віку в межах категорій лісів ДП «Бродівське лісове господарство» (%)

Table 7. Distribution of areas of main tree species by age groups within forest categories of the Brody State Forestry Enterprise (%)

Групи віку	Категорії лісів						Оптимальний розподіл
	експлуатаційні			захисні	рекреаційно-оздоровчі	природоохоронні	
	сосна	дуб	бук	сосна	сосна	бук	
Молодняки	28,5	17,4	22,0	62,2	20,0	16,11	39,3
Середньовікові	21,0	50,1	9,5	23,8	37,6	70,20	29,4
Пристиглі	29,1	21,3	11,3	21,2	34,3	13,69	19,7
Стиглі	21,2	10,1	56,9	10,6	8,1	-	11,6
Перестійні	0,2	1,1	0,3	-	0,1	-	

Таблиця 8. Розподіл площ основних деревних видів за групами віку в межах категорій лісів ДП «Дрогобицьке лісове господарство» (%)

Table 8. Distribution of areas of main tree species by age groups within forest categories of the Drohobych State Forestry Enterprise (%)

Групи віку	Категорії лісів						Оптимальний розподіл
	експлуатаційні			захисні	рекреаційно-оздоровчі	природоохоронні	
	дуб	бук	ялиця				
Молодняки	14,7	6,0	41,8	6,5	8,4	0,7	33,6
Середньовікові	38,3	45,6	22,7	63,1	66,2	85,2	38,9
Пристиглі	32,6	16,8	20,4	6,4	16,3	10,8	16,8
Стиглі	12,5	27,6	14,4	11,6	8,4	3,3	10,7
Перестійні	1,9	4,0	0,7	-	0,7	0,7	

Впродовж ревізійного періоду з урахуванням чинних нормативів щодо обмеження спеціального використання лісових ресурсів, площа та запаси лісостанів, які вилучені з розрахунку головного користування, суттєво зросли, зокрема, у Бродівському підприємстві – з 7,5 до 13,9%, у Дрогобицькому – з 28 до 36% площі лісового фонду (табл. 9).

Таким чином, із розрахунку головного користування поточного ревізійного періоду у ДП «Бродівське ЛГ» вилучено 7% запасів стиглих насаджень, а в ДП «Дрогобицьке ЛГ» – 50% запасу. Тобто, сумарно вилучено понад 2,6 тис. га та понад 700 тис. м³ деревини, що більше, ніж включено у розрахунок головного користування по ДП «Дрогобицьке ЛГ».



Рис. 2. Поділ вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок ДП «Бродівське лісове господарство», що вилучені із розрахунку рубок головного користування
 Fig. 2. Division of forested areas of the State Enterprise «Brody Forestry» excluded from the allowable final cut calculation

Обмеження щодо використання лісових ресурсів зумовлені положеннями, змінами і доповненнями, які передбачені такими основними нормативами: Законом України «Про природно-заповідний фонд»; Постановою Кабінету Міністрів України №761 від 23.05.2007

р. «Порядок спеціального використання лісових ресурсів»; Постановою Кабінету Міністрів України №733 від 16.05.2007 р. «Порядок поділу лісів на категорії та виділення особливо захисних лісових ділянок».

Таблиця 9. Розподіл вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок на залучені та вилучені з розрахунку рубок головного користування за даними попереднього і теперішнього лісовпорядкування (площа – га, запас – тис. м³)

Table 9. Distribution of forested areas included and excluded from the calculation of main felling according to previous and current forest management planning (area – ha, stock – thousand cubic meters)

Попереднє лісовпорядкування			Теперішнє лісовпорядкування		
вкриті лісовою рослинністю лісові ділянки, га	стигли і перестійні		вкриті лісовою рослинністю лісові ділянки, га	стигли і перестійні	
	площа, га	запас, тис. м ³		площа, га	запас, тис. м ³
ДП «Бродівське лісове господарство»					
23054,7	3214,9	1027,12	23083,1	4192,4	1348,74
залучені в розрахунок					
21336,0	3018,1	965,53	19875,6	3903,0	1255,15
вилучені із розрахунку					
1718,7	196,8	61,59	3207,5	289,4	93,59
ДП «Дрогобицьке лісове господарство»					
27252,2	4040,8	1242,73	27311,5	4464,8	1313,55
залучені в розрахунок					
19445,8	2593,1	725,62	17500,4	2303,3	653,33
вилучені із розрахунку					
7806,4	1447,7	517,13	9811,1	2161,5	660,22

За даними Держлісагентства України, станом на 01.01.2025 р. уже заповідано майже 16,0% лісів, які підпорядковані підприємству. При цьому впродовж 40-річного періоду площа територій та об'єктів природно-заповідного фонду в лісах Держлісагентства збільшилась в 4 рази – з 0,3 млн га у 1978 р. до 1,3 млн га у 2024 р., тобто рівень заповідності зріс з 5,5 до 16%. Відзначимо, що в історії розвитку заповідної справи виокремлюють дві концепції, за якими функціонування природоохоронних територій пов'язане як із використанням природних елементів, так і з повною охороною окремих їхніх частин. Поряд з цим, практично в усіх категоріях лісів з особливим режимом використання лісових ресурсів, за винятком заповідних насаджень; ділянок, які мають історико-культурне призначення; ділянок зростання чи оселення рідкісних видів рослин і тварин; ділянок довкола кам'янистих розсипищ – для формування оптимальної структури деревостанів, посилення їхніх захисних, природоохоронних та рекреаційно-оздоровчих функцій доцільно, за

наявності відповідного наукового обґрунтування, вибірковими рубками вибирати частину запасу стиглої деревини.

Для встановлення обсягу заготівлі деревини у стиглих і перестійних деревостанах, залучених у розрахунок, лісовпорядкування опирається на методику визначення розрахункової лісосіки (Методика..., 2000), яка регламентує граничний обсяг заготівлі деревини рубками головного користування. Порядок прийняття розрахункової лісосіки передбачає, що запас деревини, який вилучають за умови рівномірного вікового розподілу, не повинен перевищувати загального середнього приросту, а прийнята лісосіка у якомога коротший термін повинна досягти розміру лісосіки рівномірного користування і надалі залишатись незмінною.

Враховуючи встановлені обмеження в умовах ДП «Дрогобицьке ЛГ» за наявних площ стиглих і перестійних деревостанів, залучених у розрахунок (2303,3 га із стовбуровим запасом 653,33 тис. м³), обґрунтована лісовпорядкуванням розрахункова лісосіка становить 40,68 тис.

м³ (табл. 10). В умовах ДП «Бродівське ЛГ» за наявності відповідних площ в 3903 га та запасу стовбурової деревини 1255,15 тис. м³ розрахункова лісосіка становить 69,14 тис. м³.

Зазначимо, що заготівлю деревини рубками головного користування заплановано здійснювати як в експлуатаційних, так і у рекреаційно-оздоровчих і захисних лісах, що не вилучені із розрахунку головного користування. Заготівлю деревини здійснюють переважно суцільно-

лісосічними рубками, а в окремих категоріях соснових, дубових, букових, ялинових та ялицевих лісів застосовують поступові та вибіркові способи рубок. Практика застосування поступових і вибіркових рубок повинна розширюватись з урахуванням сучасного досвіду запровадження наближеного до природи лісівництва (Миклуш, 2011; Криницький, Лавний, Целень, 2012; Лавний, Шніцлер, 2014; Криницький та ін., 2017).

Таблиця 10. Розрахункова лісосіка для постійних лісокористувачів (власників лісів) на 2024 і наступні роки ДП «Дрогобицьке лісове господарство» (ліквідна деревина, тис. куб. метрів)

Table 10. Estimated annual final yield for permanent forest users (forest owners) for 2024 and subsequent years, the Drohobych State Forestry Enterprise (merchantable ("realizable") timber, thousand cubic meters)

Категорії лісів	Усього	Зокрема за господарствами											
		хвойні				твердолистяні				м'яколистяні			
		в т. ч. за госпсекціями				в т. ч. за госпсекціями				в т. ч. за госпсекціями			
		усього	соснова	ялинова	інші (модринова, ялицева)	усього	дубова	букова	грабова	усього	березова	осикова	чорно-вільхова
2	7,62	2,48	–	–	2,48	4,82	3,50	0,87	0,45	0,32	0,12	–	0,20
3	0,29	–	–	–	–	0,29	0,29	–	–	–	–	–	–
4	29,07	11,04	2,17	1,18	7,69	16,77	10,73	4,55	1,49	1,26	0,75	0,08	0,43
Разом:	36,98	13,52	2,17	1,18	10,17	21,88	14,52	5,42	1,94	1,58	0,87	0,08	0,63

Примітка. Категорії лісів позначено у такому порядку: 2 – рекреаційно-оздоровчі ліси; 3 – захисні ліси; 4 – експлуатаційні ліси.

Середня зміна запасу в усіх господарствах перевищує величину рекомендованої лісовпорядкуванням розрахункової лісосіки (табл. 11). Так в умовах ДП «Бродівське ЛГ» рубками головного користування вибирають, залежно від господарств, 67-70% зміни запасу, тобто приросту наявних деревостанів без урахування запасу тієї частини, яка була вилучена у процесі формування насаджень.

Для ДП «Дрогобицьке ЛГ» цей показник майже у два рази менший, що зумовлено вилученням з розрахунку обсягу головного користування значної частини стиглих лісів. Цим також пояснюється частка використання стиглих і перестійних деревостанів, яка в умовах ДП «Бродівське ЛГ» для твердолистяної та хвойної господарських частин становить 44-55%, а в умовах ДП «Дрогобицьке ЛГ» для усіх господарств – в межах 60-63%.

Таблиця 11. Рекомендований обсяг заготівлі деревини та середня зміна запасу деревостанів у підприємствах

Table 11. Recommended volume of timber harvesting and average change in forest stand volume at enterprises

Показники	Усього	В т.ч. по господарствах		
		хвойне	твердо- листяне	м'яко- листяне
ДП «Бродівське лісове господарство»				
Лісосіка рекомендована	69,14	46,54	14,76	7,84
Запас стиглих і перестійних деревостанів ревізійно- го періоду	1255,15	854,6	329,56	70,99
Загальна середня зміна запасу (тис. м ³ , стовбуровий)	104,22	66,49	25,59	12,14
Частка використання середньої зміни запасу, %	66,3	70,0	57,7	64,5
Частка використання стиглих і перестійних дерево- станів, %	55,1	54,5	44,8	110,4
ДП «Дрогобицьке лісове господарство»				
Лісосіка рекомендована	40,68	14,75	24,15	1,78
Запас стиглих і перестійних деревостанів ревізійно- го періоду	653,33	240,93	382,74	29,66
Загальна середня зміна запасу (тис. м ³ , стовбурний)	107,28	30,04	71,79	5,45
Частка використання середньої зміни запасу, %	37,9	49,1	33,6	32,7
Частка використання стиглих і перестійних дерево- станів, %	62,3	61,2	63,1	60,0

Узагальнені обсяги заготівлі деревини за-свідчують, що рубками головного користування в Бродівському та Дрогобицькому лісгосподарсь-ких підприємствах заготовляють 79,3% та 56,7% деревини відповідно, а в Україні у цілому лише 42,5% деревини (табл. 12), хоча, на нашу думку, частка деревини, заготовлена у процесі виконання рубок головного користування, мала б

перевищувати 55-65%. Наведені дані свідчать про те, що в умовах ДП «Дрогобицьке ЛГ», порі-вняно з ДП «Бродівське ЛГ», з помітно більшою інтенсивністю виконують як рубки догляду, так і санітарні рубки. Особливо інтенсивними є сані-тарні рубки у Дрогобицькому ЛГ, від яких заго-товляють майже у 3,5 рази більше деревини, ніж у Бродівському господарстві.

Таблиця 12. Обсяги заготовленої деревини в Україні та підприємствами Львівщини (за даними 2023 року)

Table 12. Volumes of harvested timber in Ukraine and by enterprises in Lviv region (according to 2023 data)

Заготовлено за видами рубок	В Україні, млн м ³	Запроектовано у підприємствах, тис. м ³	
		«Бродівське ЛГ»	«Дрогобицьке ЛГ»
Всього	15,7	87,22	71,73
Рубки головного користування	6,68	69,14	40,68
Рубки формування та оздоровлення лісів	8,94 в т. ч. рубки: санітарні – 5,4 ¹	18,08 в т. ч. рубки: догляду – 12,48, санітарні – 4,36	31,05 в т. ч. рубки: догляду – 12,13, санітарні – 15,67
Заходи не пов'язані з веденням лісового господарства	0,073	-	-

¹ У 2024 році заходи з поліпшення санітарного стану лісів проведені на площі 140,4 тис. га із заготівлею на цій площі 5,3 млн кубічних метрів деревини

За даними публічного звіту Голови Держліс-агентства України (Публічний звіт ..., 2023), у 2023 р. в Україні заготовлено 15,7 млн м³ деревини, зокрема рубками головного користування 6,68 млн м³, а рубками формування та оздоровлення лісів – 8,94 млн м³ деревини. Заходи з поліпшення санітарного стану лісів здійснено на площі 153 тис. га, в процесі виконання яких заготовлено 5,4 млн кубічних метрів деревини, що становить понад 80% від обсягу рубок головного користування. Значні обсяги заготівлі деревини від рубок догляду за лісом та санітарних рубок позначаються на їхній товарній структурі, незначних обсягах ділової деревини, яка в основному може бути віднесена до класів якості С та D.

Отже, аналіз ведення лісового господарства на підприємствах свідчить, що частка використання середньої зміни запасу становить близько 60%, а запас стиглих і перестійних деревостанів – лише 52-55% від запасу повних деревостанів, що суттєво позначається на обсягах заготівлі деревини у процесі рубок головного користування. Значною є частка (від 13 до 40%) площ лісового фонду, яку вилучено із головного користування лісом, що призвело до зменшення, порівняно з попереднім ревізійним періодом, на 5-7% обсягів заготівлі деревини від рубок головного користування та, відповідно, на 15-18% – обсягу заготівлі ліквідної деревини. Обсяг рубок формування та оздоровлення лісів у ДП «Бродівське ЛГ» збільшився (від рубок догляду – майже на 2 тис. м³ від санітарних рубок – майже на 4 тис м³), тоді як у ДП «Дрогобицьке ЛГ» за зменшення майже на 12 тис. м³ обсягу рубок формування та оздоровлення лісів обсяг рубок догляду збільшився на 5,5 тис. м³.

Акцентуючи увагу на чинниках, що позначаються на зменшенні обсягів заготівлі деревини, необхідно наголосити на доцільності ефективного догляду за молодняками та недопущенні надмірного використання деревини у старших класах середньовікових і пристиглих насаджень, а також на наявності чинника суб'єктивного підходу до лісоінвентаризації, зокрема через плінність кваліфікованих кадрів в структурі лісовпорядкування, що позначається на точності таксації лісових ділянок.

Для оптимізації обсягів заготівлі деревини та ефективного багатоцільового використання лісових ресурсів, на нашу думку, доцільно виконати такі першочергові заходи:

- здійснити національну інвентаризацію лісів на усій території лісового фонду України;
- удосконалити законодавство щодо збереження біорізноманіття та ефективного багатоцільового використання лісових ресурсів, зокрема щодо недопущення здійснення необґрунтованих

заходів у старших класах середньовікових і пристиглих деревостанах, що призводять до значного зниження їхньої повноти;

- запровадити засади наближеного до природи використання лісових ресурсів, залучити сучасні технології і техніку для виконання рубок головного користування;

Таким чином, удосконалення законодавства щодо ведення господарства вибірковими методами, зокрема і на ділянках, які вилучені із розрахунку розміру головного користування, а також вилучення із лісового фонду підприємств лісостанів дуба червоного як інвазійного виду, дасть змогу підвищити частку використання середньої поточної зміни запасу до 75% (середньо-європейська величина) та забезпечить збільшення обсягів заготівлі деревини у підприємствах на 30 тис. м³. Застосування такого підходу загалом для лісового фонду України дасть змогу заготовити деревину обсягом 18,7 млн м³.

Урегулювання питання планування рубок догляду за лісом у середньовікових деревостанах та вибіркових санітарних рубок – у середньовікових і пристиглих деревостанах дало б змогу забезпечити формування стиглих лісостанів з відносною повнотою 0,75-0,80 і підвищити запаси стиглих деревостанів майже на 35-40%, збільшивши обсяги заготівлі у межах Бродівського і Дрогобицького лісових господарств майже на 40 тис. м³. У перерахунку на площу лісового фонду Держліс-агентства України існує можливість додатково забезпечити отримання 2,4 млн м³ деревини. З урахуванням наведених пропозицій, у перспективі можна буде забезпечити заготівлю деревини рубками головного користування в обсязі понад 11 млн м³, тобто майже на 2/3 збільшити обсяг заготівлі стиглої та високотоварної деревини, що дасть змогу заготовляти лісоматеріали класів якості А та В у більших обсягах.

Для забезпечення економіки держави високотоварною діловою деревиною доцільно розглянути на законодавчому рівні питання здійснення вибіркових рубок у стиглих деревостанах з урахуванням цільового діаметра вирощеної деревини. Досвід ведення господарства на засадах цільового діаметра мають лісівники Німеччини, які під час виконання рубок догляду виділяють дерева майбутнього – найбільш перспективні у деревостані, а виконуючи замовлення промислового комплексу, у стиглих деревостанах можуть вибирати дерева з цільовими діаметрами, наприклад, 40-60 см.

Поступовий перехід до ведення лісового господарства на засадах наближеного до природи лісівництва дав би змогу забезпечити виробництво якісною діловою деревиною, яка заготовлена переважно з використанням поступових та вибі-

ркових рубок головного користування у межах приросту, а залишені для подальшого росту дерева у лісостанах продовжують виконувати захисні, рекреаційно-оздоровчі, киснепродукуючі та інші корисні функції.

Дискусія (Discussion).

Європейський досвід свідчить, що річний обсяг заготівлі деревини не повинен перевищувати величини середнього приросту деревини. Загалом у країнах Європи ефективне використання приросту деревини переважно не перевищує 80% (Sustainable forest..., 2015). Поряд з цим, обсяг заготівлі деревини на підприємствах Львівщини майже у 1,5-2 рази менший, що вказує на потенційні можливості додаткової заготівлі стиглої деревини шляхом підвищення частки обсягу заготівлі до відсотка використання приросту в європейських країнах.

Зокрема як відзначено у звіті про стан лісів Австрії (Sustainable forest ..., 2015), за даними Австрійської лісової інвентаризації («ÖWI») 2007/09 приріст деревини у лісах Австрії становить близько 30,4 млн м³ у корі на рік, а щорічна заготівля деревини – 26 млн м³, тобто частка використання деревного приросту становить 85,5%. Як відзначено у звіті, згідно з чинним Законом Австрії про ліси лісове управління зобов'язане проводити періодичні (щорічні) обстеження заготівлі деревини і щорічно звітувати (за період від 1 січня до 31 грудня) про обсяги зрубаної у звітному році деревини з її диференціацією на такі категорії: 1) деревина для продажу, 2) деревина для власного споживання або 3) для надання права на постачання деревини.

У звіті також зазначено, що в австрійських лісах є достатній потенціал для збільшення обсягів використання деревини, зокрема залучивши для заготівлі ділянки, використання яких наразі не є доцільним з економічного погляду (місця, важкодоступні для транспортного перевезення); ділянки дрібних власників лісів, які вважають «ощадним банком», що використовується досить нерегулярно; ділянки групи міських власників лісів, тобто людей, які часто живуть на певній відстані від своїх лісів і не мають емоційного зв'язку з ними, не використовують ліси для заготівлі деревини, що призводить до нагромадження деревного приросту у цих лісах та їхнього старіння.

Окрім того, обсяги заготівлі деревини тісно пов'язані з руйнівними подіями (пошкодження короїдами, ураганами тощо), що часто призводить до ринкового коливання цін на деревину. Тому лісовий сектор створив сховища для мокрого зберігання деревини, щоб уникнути одночасного перевантаження ринку значною кількістю пошкодженої деревини.

Для того, щоб врахувати зростаючу потребу у деревині, були розроблені та впроваджені різні стратегії її використання, які успішно реалізуються. Поряд з цим, концепція сталого розвитку австрійських лісів, з урахуванням сучасних тенденцій, постійно удосконалюється та базується на засадах і процесах, які є вирішальними для підтримки та управління лісами і реалізуються не лише державою, але й приватними власниками. Такий підхід забезпечує поступове збільшення площ лісів та біорізноманіття в них.

Важливе значення для забезпечення екологічно збалансованого використання лісового фонду мають не тільки приріст деревини, але й площа лісосіки та способи рубки. Так, Tokarieva (2021) відзначає, що основним методом заготівлі деревини в Україні є суцільні рубки (95% – у Київській області, 45% – у Львівській) та збільшення площ із застосуванням поступових рубок головного користування. За її даними, середні площі лісозаготівель коливаються від 1-2 га для суцільних рубок, 1-5 га – для вибіркового господарства та 2-8 га – для комбінованого методу, який застосовують найменше. Проектні площі, на яких здійснюють заготівлю деревини, значно менші, ніж ті, що визначені українським законодавством. Упровадження принципів наближеного до природи лісівництва може бути забезпечено шляхом зменшення обсягів суцільних рубок та поступового переходу на вибірккову форму господарювання і вирощування мішаних різновікових лісостанів високої продуктивності та біологічної стійкості (Криницький та ін., 2017; Дебринюк та ін., 2022; Дебринюк, Миклуш С., Миклуш Ю., 2024).

За матеріалами лісовпорядкування, в аналізованих нами підприємствах суцільні рубки виконують не лише в експлуатаційних лісах, але й на значних площах в інших категоріях лісів. Це призводить до необхідності створення у лісовому фонді ДП «Бродівське ЛГ» лісових культур, площі яких майже у два рази перевищують площі природного поновлення та площі, визначені для сприяння природному поновленню. В умовах ДП «Дрогобицьке ЛГ» частка площ, на яких деревина заготовлена вибірковими та поступовими рубками головного користування, становить 54%. Необхідно також відзначити, що у підприємствах Карпатського лісового офісу ДП «Ліси України» науковцями НЛТУ України разом із працівниками підприємств закладено низку виробничих стаціонарів, які слугують практичною базою переходу на вибірккову систему лісогопідприємства, а теоретичні положення викладені у наукових розробках (Криницький та ін., 2012; Лавний, Шніцлер, 2014; Криницький та ін., 2017).

Дослідники (Temperli et al., 2022) відзначають, що кліматично розумні підходи до ведення лісового господарства динамічно пов'язані зі збалансованим використанням лісової продукції та екосистемних послуг, а заходи щодо пом'якшення наслідків, які застосовують у лісах (регулювання рубок, запобігання деградації лісів, поглинання вуглецю лісами тощо), будуть ефективними у довгостроковій перспективі. Тому європейська політика, пов'язана з використанням лісової продукції, повинна динамічно розвиватись для досягнення кліматичних цілей у лісовому секторі. Для забезпечення безперервного використання лісових ресурсів та постачання лісових екосистемних послуг знадобляться заходи адаптації в лісах, які враховують дані національної інвентаризації лісів (НІЛ), що є ключовими інструментами для впровадження, моніторингу, оцінювання та перегляду практик управління лісовою екосистемою на ландшафтному рівні, а також політики на рівні країни та Європи.

Висновки (Conclusions).

1. Встановлено, що на аналізованих підприємствах частка використання середньої зміни запасу становить близько 60%, а запасу стиглих і перестійних деревостанів – лише 52-55% від запасу повних деревостанів.

2. Значними на підприємствах є площі лісового фонду (від 13 до 40%), які вилучені із головного користування лісом, що позначилось на зменшенні, порівняно з попереднім ревізійним періодом, на 5-7% обсягів заготівлі деревини від рубок головного користування.

3. Порівняно із минулим ревізійним періодом, у колишньому ДП «Бродівське лісове господарство» майже на 2 тис. м³ збільшився обсяг рубок формування та оздоровлення лісів та майже на 4 тис. м³ – обсяг санітарних рубок. В той же час у колишньому ДП «Дрогобицьке лісове господарство» за зменшення майже на 12 тис. м³ загального обсягу рубок формування та оздоровлення лісів, на 5,5 тис. м³ збільшився обсяг рубок догляду.

4. Серед заходів, спрямованих на оптимізацію обсягів заготівлі деревини, необхідно здійснити національну інвентаризацію лісів на всій території лісового фонду України; удосконалити законодавство щодо збереження біорізноманіття та забезпечення багатоцільового використання лісових ресурсів, зокрема, недопущення зниження повноти у старших класах середньовікових та пристиглих насаджень; запровадити сучасні технології і техніку виконання рубок головного користування та впровадження засад наближеного до природи використання лісових ресурсів.

5. Для забезпечення економіки держави високотоварною діловою деревиною доцільно розглянути питання здійснення вибіркових рубок у

стиглих деревостанах з урахуванням цільового діаметра вирощеної деревини.

6. Ведення лісового господарства на засадах наближеного до природи лісівництва дало б змогу використовувати ділову деревину, яка заготовлена, переважно, з використанням поступових та вибіркових рубок головного користування у межах приросту, а постійне функціонування лісового середовища забезпечить виконання екологічних, соціальних та економічних функцій.

Подяка (Acknowledgments).

Виражаємо щирі вдячність працівникам Львівської державної лісовпорядної експедиції ВО «Укрдержліспроект» за надані пояснювальні записки до «Проектів організації та розвитку лісового господарства державних підприємств «Бродівське лісове господарство» та «Дрогобицьке лісове господарство».

Конфлікт інтересів (Conflicts of Interest).

Автори заявляють про відсутність у них відомих конкуруючих фінансових інтересів чи особистих зв'язків, які могли б вплинути на результати, представлені у цій статті.

Список літератури (References)

- Albrich, K., Rammer, W., & Seidl, R. (2020). Climate change causes critical transitions and irreversible alterations of mountain forests. *Global Change Biology*, 26(7), 4013–4027. doi.org/10.1111/gcb.15118
- Bilous, A. M. (2021). *Bioproductivity and ecosystem functions of softwood deciduous forests of Ukrainian Polissya*. Zhytomyr: LLC Publishing House “Buk-Druk”. [Білоус, А. М. (2021). *Біопродуктивність та екосистемні функції м'яколистяних лісів Українського Полісся*. Житомир: ТОВ Видавничий дім «Бук-Друк». 816 с.] (in Ukrainian)
- Bilous, A. M., Kashpor, S. M., Myroniuk, V. V., Svychnyk, V. A., & Lesnik, O. M. (2021). *Forest inventory handbook*. Kyiv: Publishing House Vinichenko. [Білоус, А. М., Кашпор, С. М., МIRONIUK, В. В., Свинчук, В. А., ЛЕСНИК, О. М. (2021). *Лісотаксаційний довідник*. Київ: Видавничий дім «Вініченко». 496 с.] (in Ukrainian)
- Cabinet of Ministers of Ukraine. (2007, May 16). *Resolution No. 733 “Procedure for dividing forests into categories and allocating specially protected forest areas”*. Legislation of Ukraine. January 18, 2026, Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/733-2007-%D0%BF#Text> [Постанова Кабінету Міністрів України № 733 від 16 травня 2007 р. «Про затвердження Порядку поділу лісів на категорії та виділення особливо захисних лісових ділянок». Законодавство України. Дата звернення: 18 січня 2026 р.] (in Ukrainian)
- Cabinet of Ministers of Ukraine. (2023, February 7). *Resolution No. 112 “On approval of the Procedure*

- for implementing forest management". Legislation of Ukraine. Retrieved January 18, 2026, from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/112-2023-%D0%BF#Text/> [Постанова Кабінету Міністрів України № 112 від 7 лютого 2023 р. «Про затвердження Порядку здійснення лісовпорядкування». Законодавство України. Дата звернення: 18 січня 2026 р.] (in Ukrainian)
- Costanza, R., de Groot, R., Sutton, P., van der Ploeg, S., Anderson, S. J., Kubiszewski, I., Farber, S., & Turner, R. K. (2014). Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change*, 26, 152–158. doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.04.002
- Debryniuk, Y., Lavnyy, V., Myklush, S., & Chihrak, T. (2022). The feasibility of introducing introduced tree species into forest plantations in Ukraine. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 24, 104–119. doi.org/10.15421/412209 [Дебринюк, Ю. М., Лавний, В. В., Миклуш, С. І., Чіхрак, Т. І. (2022). Доцільність впровадження у лісові насадження України інтродукованих деревних видів. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 24, 104–119.] (in Ukrainian)
- Debryniuk, Y., Myklush, S., & Myklush, Y. (2024). Formation of silvicultural and taxonomic indicators of *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco in artificial plantations of the western region of Ukraine. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 27, 119–128. <https://doi.org/10.15421/412419> [Дебринюк, Ю. М., Миклуш, С. І., Миклуш, Ю. С. (2024). Формування лісівничо-таксаційних показників *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco у штучних насадженнях західного регіону України. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 27, 119–128.] (in Ukrainian)
- Federal Ministry for Agriculture, Regions and Tourism (Austria). (2015). *Sustainable forest management in Austria: Austrian forest report 2015* [Report]. Retrieved January 18, 2026, from www.bmluk.gv.at/dam/jcr:c0979609-92aa-4b89-8ddb-482ddd5af699/Austrian%20Forest%20Report%202015.pdf
- Girs, O. A. (2011). *Maturity of tree stands and use of wood resources in forests of various functional purposes*. Korsun-Shevchenkivskyi: Publishing House Maydachenko. [Гірс, О. А. (2011). *Стиглість деревостанів та використання деревних ресурсів у лісах різного функціонального призначення*. Корсунь-Шевченківський: Видавничий дім Майдаченко. 315 с.] (in Ukrainian)
- Girs, O. A., Novak, B. I., & Kashpor, S. M. (2013). *Forest management*. Kyiv: Phytosociotsentr. [Гірс, О. А., Новак, Б. І., Кашпор, С. М. (2013). *Лісовпорядкування*. Київ: Фітосоціоцентр. 435 с.] (in Ukrainian)
- Girs, O. A., & Sodolinsky, R. V. (2014). Optimization of forest use according to the current design maturity ages at enterprises of the Kyiv region. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 24(9), 21–25. https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2014/24_9/5.pdf [Гірс, О. А., Содолінський, Р. В. (2014). Оптимізація лісокористування за чинними проектними віками стиглості на підприємствах Київської області. *Науковий вісник НЛТУ України*, 24(9), 21–25.] (in Ukrainian)
- Goroshko, M. P., Myklush, S. I., & Khomyuk, P. H. (2004). *Biometry*. Lviv: Kamula. [Горошко, М. П., Миклуш, С. І., Хомюк, П. Г. (2004). *Біометрія*. Львів: Камула. 236 с.] (in Ukrainian)
- Hrom, M. M. (2005). *Forest inventory*. Lviv: Ukrainian State Forestry University. [Гром, М. М. (2005). *Лісова таксація*. Львів: УкрДЛТУ.] (in Ukrainian)
- Kashpor, S. M., & Girs, O. A. (2010). Improvement of the algorithm of the mathematical model of optimization of the use of wood resources of the forest and its experimental verification. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 20(15), 24–29. https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2010/20_15/index.htm [Кашпор, С. М., Гірс, О. А. (2010). Удосконалення алгоритму математичної моделі оптимізації використання деревних ресурсів лісу та його дослідна перевірка. *Науковий вісник НЛТУ України*, 20(15), 24–29.] (in Ukrainian)
- Krynytskyu, H. T., Chernyavskiy, M. V., Krynytska, O. G., Deyneka, A. M., Kolisnyk, B. I., & Tselen, Ya. P. (2017). Close-to-nature silviculture – the basis of sustainable forestry management in Ukraine. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 27(8), 26–31. <https://doi.org/10.15421/40270803> [Криницький, Г. Т., Чернявський, М. В., Криницька, О. Г., Дейнека, А. М., Колісник, Б. І., Целень, Я. П. (2017). Наближене до природи лісівництво – основа сталого ведення лісового господарства в Україні. *Науковий вісник НЛТУ України*, 27(8), 26–31.] (in Ukrainian)
- Krynytskyu, H. T., Lavnyy, V. V., & Tselen, Ya. P. (2012). Selective forest management system – theory, practice, and prospects for Ukraine. *Scientific Bulletin of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*, 171, 38–48. https://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe? [Криницький, Г. Т., Лавний, В. В., Целень, Я. П. (2012). Вибіркова система лісогосподарювання – теорія, практика, і перспективи для України. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів*

- i природокористування України, 171, 38–48.] (in Ukrainian)*
- Lavnyy, V. V., & Schnitzler, G. (2014). Experience of conversion (transformational) cuttings in the spruce forests of Germany. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, 12, 73–78.* <http://fasu.nltu.edu.ua/index.php/nplanu/article/view/138> [Лавний, В. В., Шніцлер, Г. (2014). Досвід проведення рубок переформування в ялинових лісах Німеччини. *Наукові праці Лісівничої академії наук України, 12, 73–78.] (in Ukrainian)*
- Verkhovna Rada of Ukraine. (1992, June 16). *Law of Ukraine "On the Nature Reserve Fund of Ukraine," No. 2456-XII* (as amended April 4, 2025). Legislation of Ukraine. January 18, 2026. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2456-12#Text> [Закон України «Про природно-заповідний фонд України» № 2456-XII від 16 червня 1992 р. (зі змінами станом на 4 квітня 2025 р.). Законодавство України. Дата звернення: 18 січня 2026 р.] (in Ukrainian)
- Myklush, S. I. (2011). *Plain beech forests of Ukraine: Productivity and sustainable management organization*. Lviv: ZUKTs. [Миклуш, С. І. (2011). *Рівнинні букові ліси України: продуктивність та організація сталого господарства*. Львів: ЗУКЦ. 188 с.] (in Ukrainian)
- Myklush, S., Debryniuk, Iu., Zayachuk, V., Kramarets, V., Krynytskyu, H., Mazepa, V., ... Chaskovskyu, O. (2022). *Fundamentals of forestry*. Lviv: Galician Publishing Union. https://manusbook.com/9097_Basics_Forestry/index.html [Миклуш, С. І., Дебрінюк, Ю. М., Заячук, В. Я., Крамарець, В. О., Криницький, Г. Т., Мазепа, В. Г., ... Часковський, О. Г. (2022). *Основи лісогосподарювання*. Львів: Галицька видавнича спілка. 824 с.] (in Ukrainian)
- Myklush, S., Myklush, Yu., Debryniuk, Iu., & Prystupa, R. (2024). Change in the productivity of stands of spruce (*Picea abies* L.) in the mountain Carpathian forest district over a 70-year period. *Folia Forestalia Polonica, Series A – Forestry, 66(2).* <https://doi.org/10.2478/ffp-2024-0006>
- State Agency of Forest Resources of Ukraine. (2024). *Public report of the Head of the State Agency of Forest Resources of Ukraine for 2024.* <https://forest.gov.ua/agentstvo/komunikaci-yi-z-gromadskisty/publicni-zviti-derzhlisagentstva/publicnyi-zvit-holovy-derzhavnoho-ahentstva-lisovykh-resursiv-ukrainy-za-2024-rik> [Публічний звіт Голови Державного агентства лісових ресурсів України за 2024 рік. Доступно з <https://forest.gov.ua/agentstvo/komunikaci-yi-z-gromadskisty/publicni-zviti-derzhlisagentstva/publicnyi-zvit-holovy-derzhavnoho-ahentstva-lisovykh-resursiv-ukrainy-za-2024-rik>] (in Ukrainian)
- State Agency of Forest Resources of Ukraine. (2023). *Public report of the Head of the State Agency of Forest Resources of Ukraine for 2023.* <https://forest.gov.ua/storage/app/sites/8/uploaded-files/%D0%9F%D1%83%D0%B1%D0%BB%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%B9%20%D0%B7%D0%B2%D1%96%D1%82%20%D0%93%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%B8%202023.pdf> [Публічний звіт Голови Державного агентства лісових ресурсів України за 2023 рік. Доступно з <https://forest.gov.ua/storage/app/sites/8/uploaded-files/%D0%9F%D1%83%D0%B1%D0%BB%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%B9%20%D0%B7%D0%B2%D1%96%D1%82%20%D0%93%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%B8%202023.pdf>] (in Ukrainian)
- Shvidenko, A. Z., Lakyda, P. I., Shchepanenko, D. G., Vasylyshyn, R. D., & Marchuk, Yu. M. (2014). *Carbon, climate and land management in Ukraine: Forest sector*. Korsun-Shevchenkivskiy: FOP V. M. Gavrishenko. [Швиденко, А. З., Лакида, П. І., Щепаненко, Д. Г., Васишин, Р. Д., Марчук, Ю. М. (2014). *Вуглець, клімат та землеуправління в Україні: лісовий сектор*. Корсунь-Шевченківський: ФОП В. М. Гавришенко. 283 с.] (in Ukrainian)
- Sodolinskiy, R. V., Girs, O. A., & Kashpor, S. M. (2014). Method of calculated cutting area determination in the forest of Ukraine for separate forestry based enterprises. *Scientific Bulletin of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Series: Forestry and Ornamental Gardening, 198(1), 50–57.* <https://forestscience.com.ua/uk/journals/198-chastina-1-2014/myetodika-viznachyennya-rozrakhunkovoyi-lisosiki-u-lisakh-ukrayini-dlya-okryemogo-lisogospodarskogo-pidpriyemstva> [Содолінський, Р. В., Гірс, О. А., Кашпор, С. М. (2014). Методика визначення розрахункової лісосіки у лісах України для окремого лісогосподарського підприємства. *Науковий вісник НУ-БіП України. Серія: Лісівництво та декоративне садівництво, 198(1), 50–57.] (in Ukrainian)*
- State Committee for Forestry and Forestry of Ukraine. (2000). *Methodology for determining the estimated felling* (Approved by Order No. 105, September 14, 2000). Kyiv, Ukraine: State Committee for Forestry and Forestry of Ukraine. [Методика визначення розрахункової лісосіки. (2000). Затверджена наказом Держкомлісгоспу № 105 від 14 вересня 2000 р. Київ: Держкомлісгосп України. 4 с.] (in Ukrainian)

- State Statistics Service of Ukraine. (2024). *Forestry activity data* [Data set]. Retrieved January 18, 2026, https://stat.gov.ua/uk/explorer?urn=SSSU%3ADF_FORESTRY_ACTIVITY%2821.0.0%29&filter=AMNT_FRST_PRD.%2A.%2A.%2A.%2A.%2A.%2A.%2A [Державна служба статистики України. (2024). Дані про лісову діяльність [Набір даних]. Отримано 18 січня 2026 року.] (in Ukrainian)
- Temperli, C., Santopuoli, G., Bottero, A., Barbeito, I., Alberdi, I., Condés, S., ... Tognetti, R. (2022). National forest inventory data to evaluate climate-smart forestry. In R. Tognetti, M. Smith, & P. Panzacchi (Eds.), *Climate-smart forestry in mountain regions* (Vol. 40, pp. 59–78). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-80767-2_4
- Verkhovna Rada of Ukraine. (1994, January 21). *Forest Code of Ukraine* (Code of Ukraine No. 3852-XII). Legislation of Ukraine. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3852-12#Text> [Лісовий кодекс України № 3852-XII від 21 січня 1994 р. Законодавство України.] (in Ukrainian)
- Tokarieva, O. (2021). Features of application of timber harvest methods in the forests of Ukraine. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*, 12(1), 34–40. <https://doi.org/10.31548/forest2021.01.004>
- Vasylyshyn, R. D. (2013). Biotic and energy productivity of natural beech plantations of the Ukrainian Carpathians. *Bioresources and Nature Management*, 5(34), 117–121. <https://journals.nubip.edu.ua/index.php/Bio/article/view/2885> [Василишин, Р. Д. (2013). Біотична та енергетична продуктивність природних букових насаджень Українських Карпат. *Біоресурси і природокористування*, 5(34), 117–121.] (in Ukrainian)

Prospects for timber harvesting by forestry enterprises in Lviv region

S. Myklush¹, Y. Myklush², S. Havryliuk³

The demand of the national economy for high-quality commercial timber necessitates increasing the productivity and biotic stability of forest stands, shaping their optimal structure, and ensuring the rational multipurpose use of forest resources. In terms of the raw material function, such use is determined by the volume of timber harvesting expressed as the allowable annual cut.

The annual volume of timber harvesting should not exceed the total mean increment, and the established allowable cut should reach the level of sustained yield within the shortest possible time and subsequently remain stable.

An analysis of timber harvesting volumes was conducted for two enterprises in Lviv region—the Brody and Drohobych forestry enterprises. It was established that, within the forest fund of these enterprises, the share of utilization of the average annual increment of timber amounts to approximately 60%, while the shares of the growing stock of mature and overmature stands account for only 52–55% of the stock of fully stocked stands. A substantial share of the forest fund area, ranging from 13% to 40%, is excluded from final fellings. This has resulted in a reduction of timber harvesting volumes from final fellings by 5–7% compared with the previous forest inventory period.

Under conditions of the Brody State Forestry Enterprise, final felling operations remove, depending on the management regime, 67 to 70 percent of the growing stock change, that is, the increase of the existing stands, excluding the portion

of the stock removed during the stand formation processes. In contrast, at the Drohobych State Forestry Enterprise, this indicator is almost twice as low due to the exclusion of a significant proportion of mature forests from the calculation of the allowable final cut. This also explains the utilization rate of mature and overmature stands, which in the Brody State Forestry Enterprise amounts to 44 to 55 percent for hardwood and coniferous management units, while in the Drohobych State Forestry Enterprise it ranges from 60 to 63 percent across all management units.

In Ukraine, a total of 15.7 million cubic meters of timber were harvested in 2023. Of this volume, 6.7 million cubic meters were obtained from final fellings, while 8.94 million cubic meters were harvested during conducting forest tending and sanitary cutting operations. In particular, measures aimed at improving forest sanitary conditions were implemented in an area of 140.4 thousand hectares, resulting in the harvesting of 5.3 million cubic meters of timber. This volume exceeds 80 percent of the timber harvested from final fellings. The substantial volumes of timber harvested from tending and sanitary cuttings significantly influence the assortment structure, resulting in a reduction of volumes of merchantable timber, which is predominantly classified as quality classes C and D.

By improving legislation on selective timber harvesting methods in areas excluded from the calculation of the allowable final cut, together with the removal of stands of invasive species from the

forest fund of enterprises, would make it possible to increase the utilization rate of the average current stock increment to 75 percent. This would result in an increase in timber harvesting volumes at the analyzed enterprises of approximately 30 thousand cubic meters. If such an approach were applied to the forest fund of Ukraine as a whole, it would enable timber harvesting at a level of up to 18.7 million cubic meters.

Optimizing the implementation of tending operations in middle-aged stands and selective sanitary cuttings in middle aged and maturing stands will ensure the formation of mature stands with a relative stocking density of 0.75 to 0.8, which will make it possible to increase the growing stock of mature stands by approximately 35 to 40 percent and to raise the total volume of timber harvesting within the analyzed enterprises

by nearly 40 thousand cubic meters. When extrapolated to the forest fund managed by the State Forest Resources Agency of Ukraine, this approach would provide an additional 2.4 million cubic meters of timber.

A gradual transition to forest management based on the principles of close-to-nature forestry would ensure the production of high-quality commercial timber, harvested primarily through shelterwood and selection final-felling operations within the limits of annual increment. At the same time, trees retained for further growth within forest stands would continue to perform protective, recreational, health-improving, and other beneficial ecosystem functions.

Key words: forest fund; forest-mensuration indicators; estimated felling; national inventory; close-to-nature forestry.

¹*Stepan Myklush* – Full Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Doctor of Agricultural Sciences, Professor at the Forest Inventory and Forest Management Department. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka St., Lviv, 79057, Ukraine. E-mail: msi_s@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9762-1190>

²*Yuriy Myklush* – PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor, Technological University of the Shannon, Athlone Campus, University Road, Athlone, Co. Westmeath, Ireland. E-mail: yuriy.myklush@tus.ie ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1940-1045>

³*Serhii Havryliuk* – Corresponding Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor at the Forest Inventory and Forest Management Department. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka St., Lviv, 79057, Ukraine. E-mail: serhii.havryliuk@nltu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0361-0624>

5. ЕКОЛОГІЯ, ЕКОНОМІКА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ ТА МЕНЕДЖМЕНТ



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

<http://fasu.nltu.edu.ua>
<https://doi.org/10.36930/412534>
Article received 2025.04.23
Article revised 2025.10.01
Article accepted 2025.10.23
Article published 2026.03.16

ISSN 1991-606X print
ISSN 2616-5015 online
@ ✉ Correspondence author
Liubomyr Mits
mits.liubomyr@nltu.lviv.ua
103 General Chuprynka St.,
Lviv, 79057, Ukraine

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 (CC BY 4.0) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)



УДК 630: 520.33

Інституційні та правові аспекти еколого-економічного механізму врахування послуг лісових екосистем у діяльності лісгосподарських підприємств України¹

Л.В. Міц²

Виявлено вплив прогалин у законодавстві, недосконалості податкових і бюджетних механізмів, а також відсутності єдиної системи моніторингу й верифікації (Monitoring-Reporting-Verification, MRV) на врахування екосистемних послуг у практиці управління лісами. Доведено, що застосування економічних інструментів, таких як платежі за екосистемні послуги, податкові стимули, компенсаційні механізми та грантові програми, здатне забезпечити сталий розвиток лісового сектору та підвищити фінансову стійкість лісгосподарських підприємств. Обґрунтовано необхідність створення партнерських платформ між державою, громадами, бізнесом і науковими інституціями для координації рішень, стандартизації методик оцінювання вартості послуг лісових екосистем і підвищення прозорості інституційних процесів. Удосконалення та імплементація системного інституційно-правового механізму сприятиме інтеграції послуг лісових екосистем у фінансове й стратегічне планування діяльності лісгосподарських підприємств, зміцненню природного капіталу та розвитку ринку екосистемних послуг в Україні.

Дослідження полягає в уточненні змісту та структури еколого-економічного механізму врахування екосистемних послуг для лісового сектору України; у визначенні організаційно-

¹ Науковий керівник – Загвойська Людмила Дмитрівна, кандидат економічних наук, професор кафедри економіки, туризму та рекреації Національного лісотехнічного університету України. E-mail: lyudmyla.zahvoyska@nltu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0028-4723>

² Міц Любомир Володимирович – аспірант кафедри економіки, туризму та рекреації. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. E-mail: mits.liubomyr@nltu.lviv.ua ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-3667-0011>

правових передумов його впровадження; у розробленні моделі інституційної взаємодії суб'єктів системи з урахуванням послуг лісових екосистем; у запропонованні системного підходу до інтеграції цінності екосистемних послуг у діяльність лісогосподарських підприємств. Отримані результати можна використати для вдосконалення нормативно-правового забезпечення лісового господарства, розроблення нових економічних інструментів стимулювання сталого лісокористування, формування механізмів екологічних платежів та удосконалення системи управління природним капіталом у лісовому секторі.

Ключові слова: екосистемні послуги; стейкхолдери; лісівництво; схема імплементації правових інструментів.

Вступ (Introduction).

Послуги лісових екосистем (продукування деревини, поглинання й зберігання вуглецю, регулювання водного стоку й запобігання ерозії ґрунту, підтримання біорізноманіття, рекреаційні послуги тощо) є невід'ємною частиною природного капіталу України і мають високу еколого-економічну цінність. Їхнє врахування у господарських рішеннях лісогосподарських підприємств стимулює стаке управління лісовими ресурсами, відкриває нові джерела фінансування (платежі за екосистемні послуги – *payment for ecosystem services, PES*) та підвищує рентабельність довгострокових інвестицій у збереження й відновлення лісів.

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю модернізації підходів до управління лісовими ресурсами, інтеграції послуг лісових екосистем у господарську діяльність підприємств та формування сучасних правових і економічних механізмів сталого лісокористування (Загвойська, 2011; Wunder et al., 2020; Ільїна, Шпильова, 2022; Ткач та ін., 2023; Челепіс, 2023 та ін.). Наявний розрив між світовим досвідом та українською практикою потребує комплексного аналізу інституційних і правових передумов, що визначають можливість впровадження таких механізмів (Шашула, Сакаль, Третяк, 2019; Issii et al., 2020; Лелеченко, 2020).

Проблематика врахування послуг екосистем активно розробляється у світовій науковій літературі. Існують вагомі напрацювання щодо формування теоретичних засад цього напрямку досліджень і практичних аспектів діяльності (Costanza et al., 1997; Costanza, 2008; De Groot et al., 2002; Wallace, 2007; Веклич, 2020; Kullolli, 2024 та ін.), а також дослідження ТЕЕВ (Економіки екосистем і біорізноманіття), IPBES (Міжурядової платформи з біорізноманіття та екосистемних послуг), FAO (Європейської економічної комісії ООН, Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН) та ін. У сучасних наукових публікаціях детально розглядають питання оцінювання вартості послуг екосистем; формування ринку екосистемних послуг, механізмів платежів за екосистемні послуги, розроблення економічних стимулів збереження біорізноманіття, а також інтеграції природного капіталу в економічні системи управління (Spangenberg, & Settele, 2010; Başkent, 2021; Nisbet, 2021 та ін.).

Незважаючи на значну кількість досліджень, недостатньо вивченими залишаються інституційні та правові аспекти впровадження еколого-економічних механізмів саме в лісовому секторі, особливо в умовах країн з перехідною економікою (McElwee et al., 2014). У роботах зарубіжних авторів переважно аналізуються моделі розвитку ринків екосистемних послуг, але практичні механізми їх інтеграції в управління державними лісами, особливості нормативно-правового забезпечення та інституційної взаємодії опрацьовані недостатньо. Для України майже відсутні комплексні дослідження, що поєднують правові, інституційні та економічні аспекти впровадження системи урахування екосистемних послуг у лісогосподарську діяльність.

У цьому контексті постановка завдання дослідження полягає у теоретичному, методичному й нормативно-правовому аналізі механізму врахування екосистемних послуг і визначенні напрямів його адаптації до української системи ведення лісового господарства.

Мета дослідження – обґрунтувати інституційні та правові основи формування і впровадження еколого-економічного механізму врахування послуг лісових екосистем у діяльності лісогосподарських підприємств і розроблення рекомендацій щодо його вдосконалення у вітчизняному інституційному контексті.

Для досягнення цієї мети було проаналізовано теоретичні засади формування ринку послуг лісових екосистем і підходи до їх економічного оцінювання; оцінено стан нормативно-правового забезпечення та інституційної інфраструктури врахування екосистемних послуг в Україні; встановлено проблеми та перешкоди у впровадженні еколого-економічного механізму в діяльності лісогосподарських підприємств; наведено рекомендації щодо вдосконалення інституційно-правових аспектів еколого-економічного механізму використання послуг лісових екосистем.

Об'єкти і методика дослідження (Objects and methods).

Об'єкт дослідження – процес формування та функціонування еколого-економічного механізму врахування екосистемних послуг у лісовому секторі. **Предмет дослідження** – інституційні і правові засади, економічні інструменти та організаційні

умови інтеграції послуг лісових екосистем у діяльність лісогосподарських підприємств України.

Матеріальною основою дослідження є діючі нормативно-правові акти України у сфері охорони навколишнього природного середовища та лісового господарства, міжнародні конвенції та угоди щодо екосистемних послуг, офіційні документи Європейської комісії, FAO – Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН (FAO, 2022), Міжурядової платформи з біорізноманіття та екосистемних послуг (IPBES), а також праці провідних зарубіжних та українських дослідників (De Groot, Wilson, & Boumans, 2002; Costanza, 2008; Загвойська, 2013; Mishenin, & Deghtjar, 2015; Haines-Young, & Potschin, 2017; Шашула та ін., 2019; Baggethun, 2020; UNECE, 2021; Wunder et al, 2020; Соловій, Король, 2024 та ін.). Додатковими джерелами є статистичні дані Державного агентства лісових ресурсів України, Державної служби статистики України, звіти лісогосподарських підприємств та аналітичні матеріали міжнародних організацій.

Для досягнення мети роботи застосовано комплекс загальнонаукових і спеціальних методів дослідження.

1. Теоретико-методичний апарат дослідження включає: аналіз і синтез, які використано для розкриття теоретичних підходів до економічного оцінювання послуг лісових екосистем, визначення змісту інституційних і правових механізмів; абстрагування та узагальнення, які дали змогу сформулювати понятійно-категоріальний апарат дослідження, уточнити структуру еколого-економічного механізму; методи індукції та дедукції, які використано для побудови логічних висновків щодо взаємозв'язків між інституційними та економічними елементами системи урахування екосистемних послуг.

2. Нормативно-правовий аналіз передбачає системне вивчення нормативних документів, які регулюють діяльність лісового сектора та сферу охорони довкілля. Особливу увагу приділено актам, які визначають правовий статус лісових ресурсів; законодавству щодо охорони навколишнього природного середовища; актам, які пов'язані з екологічними платежами, ринком природних ресурсів, механізмами стимулювання сталого природокористування; міжнародним договором про збереження екосистем і запровадження екосистемних послуг.

3. Інституційний аналіз застосовано для оцінювання системи взаємодії державних, громадських і ринкових інституцій у процесі врахування екосистемних послуг, зокрема для виявлення функцій і повноважень основних суб'єктів управління; аналізу структурних та організаційних бар'єрів впровадження механізмів оцінювання; встановлення ступеня

відповідності українських інституцій міжнародним практикам природокористування.

4. Порівняльний (компаративний) метод використано для зіставлення українського нормативно-правового поля з досвідом держав Європейського Союзу, Канади, США та Скандинавських країн. Порівняння дало змогу виявити дієві моделі інтеграції екосистемних послуг у лісове господарство та оцінити можливості їх адаптації.

5. Економічні методи і метод експертних оцінок передбачають застосування методів системного аналізу для визначення структури та функцій еколого-економічного механізму врахування послуг лісових екосистем у діяльності лісогосподарських підприємств; методу експертних оцінок для уточнення переліку ключових проблем правового й організаційного забезпечення.

У дослідженні враховані такі потенційні джерела похибок: неповнота або несвоєчасність оновлення статистичних даних лісогосподарських підприємств; розбіжності між офіційними нормативно-правовими документами та їх фактичним застосуванням; різні підходи до класифікації та економічної оцінки екосистемних послуг у зарубіжних джерелах; обмеженість доступу до внутрішніх документів окремих підприємств; суб'єктивність окремих експертних оцінок.

Для мінімізації впливу зазначених обмежень були використані незалежні джерела даних, здійснено порівняння нормативних документів з практичними аспектами, а також залучення різних груп експертів.

Результати (Results).

Еколого-економічний механізм – це система інструментів (правових, інституційних і економічних), які забезпечують: 1) ідентифікацію й оцінювання екосистемних послуг; 2) облік їхньої вартості в інформаційних системах (на рівні підприємств і держави); 3) фінансові стимули (платежі, податкові преференції, кредитні механізми) для збереження й відновлення послуг; 4) контроль і моніторинг результатів.

У його основу покладено стандарти оцінювання й обліку природного капіталу (наприклад, SEEA) та бізнес-орієнтовані методики (Natural Capital Protocol) (De Groot R. et al., 2010).

У проблематиці інституційно-правових аспектів еколого-економічного механізму врахування послуг екосистем у діяльності лісогосподарських підприємств України безпосередньо інституційні аспекти охоплюють систему органів влади, наукових установ, підприємств і громадських інституцій, які забезпечують реалізацію екологічно орієнтованої політики у сфері лісokористування, зокрема:

– державні інституції. Основними суб'єктами є Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України, Державне агентство лісових ресурсів (ДАЛРУ), Державна екологічна

інспекція, а також регіональні управління лісового та мисливського господарства. Їхні функції включають координацію використання лісових ресурсів, моніторинг екосистемних послуг і впровадження механізмів сталого управління лісами;

– науково-дослідні та освітні установи – Національний лісотехнічний університет України (НЛТУ України), Національний університет біоресурсів і природокористування України (НУБіП), Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації (УкрНДЛПГА) розробляють методики оцінювання екосистемних послуг, зокрема вуглецевих, водочисних, рекреаційних і біорізноманітних функцій лісів;

– економічні інститути та підприємства – надлісництва, комунальні лісгосподарські підприємства, які безпосередньо реалізують господарські функції, повинні інтегрувати у свою діяльність екологічно обґрунтовані механізми: сертифікацію FSC, ведення звітності про екосистемні послуги, участь у проєктах вуглецевої компенсації (*carbon offset projects*) тощо;

– громадський і міжнародний сектор. Важливу роль відіграють міжнародні ініціативи (FAO, UNEP, World Bank Forest Carbon Partnership), а також громадські організації (WWF, FSC Ukraine), які сприяють впровадженню стандартів сталого лісочористування.

У табл. 1 представлено роль інституцій в еколого-економічному механізмі врахування послуг екосистем. Виходячи з наведених основних функцій інституцій та їхньої участі у формуванні еколого-економічного механізму, можна визначити

правові аспекти, які дають змогу здійснювати врегулювання взаємодії між цими інституціями і характер їхніх взаємовідносин.

Самі правові аспекти визначають норми та принципи, які регулюють ураховання послуг екосистем у національній правовій системі. Першим, найвищим рівнем або елементом у структурі еколого-економічного механізму, є конституційна та законодавча база. Основу її становлять Конституція України (ст. 16 і 50), Лісовий кодекс України, Закон «Про охорону навколишнього природного середовища», Закон «Про екологічну мережу України». Ці документи закріплюють право громадян на безпечне довкілля та зобов'язують державу забезпечувати збалансоване використання природних ресурсів.

До другого рівня правового еколого-економічного регулювання, де реалізується основний принцип «користувач платить», віднесено підприємства, які експлуатують лісові ресурси і мають компенсувати втрату екосистемних функцій. Такі взаємовідносини регулюються механізмами екологічних платежів, податкових пільг за сталу діяльність, а також впровадженням ринку екосистемних послуг. Тобто, це врегулювання саме господарських відносин в системі еколого-економічного функціонування.

До третього рівня віднесено міжнародні стандарти та інструменти, куди належать рекомендації Європейського зеленого курсу (EU Green Deal), Рамкової конвенції ООН зі зміни клімату, а також Європейського стандарту бухгалтерського обліку природного капіталу (SEEA-EA), які передбачають облік екосистемних послуг у національних рахунках (Başkent, 2021).

Таблиця 1. Інституції та елементи еколого-економічного механізму врахування послуг лісових екосистем (сформовано авторами за Issii et. al., 2020; Nisbet, 2021; Ільїна, Шпильова, 2022; FAO, 2022; Челепіс, 2023)

Table 1. Institutions and elements of the ecological and economic mechanism for accounting for forest ecosystem services (Compiled by the authors based on Issii et al., 2020; Nisbet, 2021; Ilina, & Shpylova, 2022; FAO, 2022; Chelepis, 2023)

Група інституцій	Представники	Основні функції у механізмі	Зв'язок зі структурними елементами механізму
1. Державні органи управління та регулювання	- Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України	- Формування політики у сфері лісочористування та охорони довкілля	- Нормативно-правове забезпечення
	- Державне агентство лісових ресурсів України (ДАЛРУ)	- Установлення нормативів, тарифів, стандартів оцінювання екосистемних послуг	- Інституційно-правове регулювання
	- Міністерство фінансів	- Регулювання платежів і податкових інструментів	- Визначення економічних стимулів і платежів
	- Державна податкова служба;	- Контроль за дотриманням екологічного законодавства	
	- Міністерство економіки		

Група інституцій	Представники	Основні функції у механізмі	Зв'язок зі структурними елементами механізму
2. Лісо-господарські підприємства	- Надлісництва - Комунальні лісові підприємства - Приватні лісокористувачі	- Безпосереднє ведення обліку екосистемних послуг - Здійснення лісовідновлення, охорони та догляду за лісами - Надання рекреаційних та інших послуг - Формування інформаційної бази для монетизації послуг	- Ідентифікація послуг - Оцінювання і монетизація - Реалізація економічних інструментів - Формування звітності та моніторинг
3. Наукові та експертні інституції	- Інститути екології, економіки природокористування - Профільні університети - Екологічні та економічні дослідницькі центри	- Розробка методології оцінювання екосистемних послуг - Проведення польових досліджень і моделювання - Удосконалення класифікацій і системи обліку природного капіталу	- Ідентифікація та оцінювання - Методичне забезпечення - Формування наукового базису для тарифів і стимулів
4. Органи місцевого самоврядування	- Обласні, районні, місцеві ради - Територіальні громади	- Затвердження регіональних програм сталого лісокористування - Контроль за використанням рекреаційних ресурсів - Співфінансування природоохоронних заходів	- Інституційно-правове регулювання на місцевому рівні - Впровадження економічних стимулів і механізмів
5. Громадські екологічні організації	- Екологічні НУО - Міжнародні природоохоронні організації (WWF, FSC тощо)	- Громадський контроль за дотриманням екологічних норм - Участь у сертифікації лісів (FSC, PEFC) - Вплив на політику через обговорення проєктів	- Моніторинг та аудит - Підвищення прозорості та довіри суспільства
6. Бізнес-структури – споживачі екосистемних послуг	- Туристичні та рекреаційні компанії - Водопостачальні підприємства - Агрокомпанії - Енергетичні компанії	- Покупці екосистемних послуг (рекреація, водорегуляція, кліматичні послуги) - Укладання договорів із лісгосподарськими підприємствами - Фінансування екосистемних послуг	- Реалізація економічних інструментів - Формування попиту та ринку екосистемних послуг

Останній, фактично галузевий рівень, здійснює свою діяльність відповідно до чинних норм сертифікації та звітності. Тут у правовому полі діють системи *FSC (Forest Stewardship Council)* і *PEFC (Programme for the Endorsement of Forest Certification)*, які регламентують вимоги до сталого лісокористування і прозорості звітності про екосистемні вигоди (Issii et al., 2020).

Щоб сформувати інституційно-правові аспекти еколого-економічного механізму урахування послуг екосистем, необхідно розглянути його основні складові елементи (Ільїна, Шпильова, 2022).

Ідентифікація екосистемних послуг – це *перший етап* формування механізму, де відбувається визначення типів екосистемних послуг, які генеруються лісовими екосистемами. На цьому етапі застосовуються міжнародні класифікації (МА, CICES, TEEB). Ідентифікація є базою для подальшого оцінювання, планування та обліку, а також для визначення економічних стимулів і

правових механізмів урахування цінності послуг у діяльності підприємства.

На *другому етапі* здійснюють науково обґрунтоване оцінювання вартості екосистемних послуг. Саме економічна оцінка необхідна для прийняття управлінських рішень, формування механізмів платежів, визначення компенсацій та обґрунтування інвестицій, тобто регулювання безпосередньо господарської діяльності.

Оцінювання забезпечує кількісний вимір вигід, необхідний для інтеграції екосистемних послуг у планування та фінансові моделі.

Третій етап передбачає ведення обліку екосистемних послуг, що представляє собою систематичний процес фіксації обсягів, вартості та змін у стані екосистемних функцій. Основний характер інституційно-правових відносин формується в аспекті взаємодії господарюючих суб'єктів з державою. Тут основними елементами виступають:

-внутрішні реєстри екосистемних ресурсів і послуг;

-екологічні баланси підприємства (вуглецевий баланс, баланс біорізноманіття);

-картографічні та ГІС-системи для просторового аналізу;

-інтеграція обліку у внутрішню звітність підприємства (екологічні розділи управлінської звітності, нефінансова звітність за ESG-стандартами).

Облік є основою для аудиту, інвестиційного аналізу та обґрунтування екологічних рішень. *Четвертий етап* – це включення вартості екосистемних послуг у фінансове і стратегічне планування. Інтеграція екосистемних послуг у систему управління підприємством передбачає:

-включення результатів оцінювання екосистемних послуг у бюджетування, інвестиційні програми, моделі доходів і витрат;

-врахування екосистемних ризиків під час розроблення стратегічних планів, бізнес-моделей і природоохоронних програм;

-обґрунтування інвестицій у природний капітал через показники екологічної ефективності, суспільної корисності та економії витрат; застосування підходів корпоративної сталості

(ESG, природний капітал згідно *Natural Capital Protocol*).

Таким чином, екосистемні послуги стають частиною стратегічних активів підприємства. На відміну від третього етапу, тут здійснюється взаємодія суб'єкт господарювання – держава, проте вже в зворотному напрямі – від підприємства до держави. Відповідно, тут важливо визначитися з протокольними процедурами та їхніми умовами.

П'ятий етап передбачає формування фінансових стимулів. Фінансові інструменти спрямовані на заохочення підприємств до збереження природного капіталу (рис. 1). Тут інституційно-правові аспекти стосуються більше регіонально-екологічних питань і місцевих бюджетів.

На шостому етапі здійснюють моніторинг та аудит, адже ефективність механізму залежить від системного контролю. Тут основними інструментами виступають регулярні екологічні інвентаризації лісів; аудит екосистемних послуг (на внутрішньому або зовнішньому рівнях); контроль за виконанням природоохоронних вимог та екологічних індикаторів; використання дистанційного зондування Землі (супутникові дані, LiDAR, дрони); формування системи ключових показників ефективності у сфері довкілля.

Плата за екосистемні послуги	- добровільні або обов'язкові платежі за збереження специфічних екосистемних функцій (водорегулювання, збереження біорізноманіття, рекреація); - можливість створення ринку екологічних угод між підприємством і громадами, територіальними громадами, державою;
Екологічні податки та збори	- податки на забруднення, використання ресурсу, рубки; - платежі за відновлення лісів; - диференційовані ставки залежно від рівня впливу;
Компенсаційні механізми	- виплати підприємствам за збереження високопродуктивних екосистем, охоронних зон, рідкісних видів; - компенсації за екологічні обмеження в господарській діяльності;
Грантове фінансування	- підтримка проєктів з екологічної модернізації, відновлення лісів, боротьби з деградацією; - міжнародні програми (EU Green Deal, Horizon Europe, GEF та ін.).

Рис. 1. Класифікація фінансових інструментів з управління природним капіталом (сформовано авторами за Загвойська, 2013; Ільїна, Шпильова, 2022)

Fig. 1. Classification of financial instruments for natural capital management (compiled by the authors based on Zahvoyska, 2013; Ilina, & Shpylova, 2022)

Моніторинг забезпечує прозорість та обґрунтованість управлінських рішень. Окрім того, з'являється можливість зробити висновки стосовно ефективності правового регулювання окремих нормативно-законодавчих положень.

Останнім етапом є створення партнерських інституційних платформ, адже еколого-економічний механізм потребує узгодженої взаємодії різних суб'єктів. Подібні платформи можуть включати державні органи (Держлісагентство, Міндовкілля); територіальні

громади, зацікавлені в збереженні природних ресурсів; лісогосподарські підприємства; громадські організації, наукові установи; бізнес-структури, які зацікавлені у вуглецевих компенсаціях, рекреаційних чи інших екосистемних послугах.

Дані платформ реалізують такі функції як координація проєктів зі збереження природного

капіталу; розроблення спільних програм для PES-механізмів; формування регіональних фондів екосистемних послуг; забезпечення прозорості обліку й розподілу вигід.

Викладені етапи еколого-економічного механізму врахування послуг екосистем узагальнено в табл. 2.

Таблиця 2. Структурні компоненти еколого-економічного механізму урахування послуг лісових екосистем у діяльності лісогосподарських підприємств (сформовано авторами на основі Issii et al., 2020)

Table 2. Structural components of the ecological and economic mechanism for integrating forest ecosystem services into the activities of forestry enterprises (compiled by the authors based on Issii et al., 2020)

Елементи механізму	Зміст та інструменти	Ключові учасники
1. Ідентифікація та класифікація послуг екосистем	Визначення регуляторних, рекреаційних, культурних послуг, послуг підтримання; встановлення їхнього екологічного та економічного значення	Надлісництва, наукові інституції, Міндовкілля
2. Оцінювання та монетизація екосистемних послуг	Розрахунок вартості послуг (ринкові ціни, тіньові ціни, витратний та вигідний підхід); визначення тарифів і платежів	Наукові інституції, Мінфін, ДАЛРУ, надлісництва
3. Інституційно-правове регулювання	Законодавчі норми, правила лісокористування, екологічні обмеження; юридичне оформлення прав і обов'язків користувачів	Верховна Рада, Міндовкілля, ДАЛРУ, місцеве самоврядування
4. Економічні інструменти	Плата за спеціальне лісокористування; рекреаційні збори; податки; компенсаційні платежі; дотації й інвестиційні стимули	Мінфін, ДПС, органи місцевого самоврядування, бізнес
5. Моніторинг та облік послуг екосистем	Систематичний екологічний моніторинг, аудит, облік наданих послуг, звітність, сертифікація FSC	Надлісництва, Міндовкілля, громадські організації
6. Управлінські рішення та реалізація	Інтеграція оцінювання послуг у лісовпорядкування, стратегічне планування, визначення пріоритетів охорони лісів	Лісогосподарські підприємства, ДАЛРУ

Відтак, потрібно ідентифікувати основні правові та інституційні прогалини, серед яких:

- *відсутність спеціального регулювання плати за послуги екосистем*: немає чіткого законодавчого модуля, який визнавав би природу платежів за екосистемні послуги як окрему категорію договірних відносин з типовими умовами, процедурою реєстрації і захисту прав учасників;

- *правовий режим використання земель і лісів*: складнощі з правами користування, особливо на комунальні та приватні землі, що ускладнює довгострокові контракти на надання екосистемних послуг;

- *недостатній інструментарій фінансового стимулювання*: відсутні податкові, бюджетні чи кредитні механізми, які б цілеспрямовано підтримували інвестиції у збереження екосистемних послуг;

- *нерозвинена система MRV і національного обліку природного капіталу*: відсутність єдиних стандартів обліку екосистемних послуг на

національному і корпоративному рівнях (попри наявність SEEA як міжнародного підходу), що ускладнює вимірювання результатів і довіру платників;

- *інституційна розрізненість та слабка міжсекторальна координація*: відсутність стабільних робочих механізмів співпраці між лісовою адміністрацією, міністерствами фінансів / економіки, місцевими радами й бізнесом.

Процес практичної імплементації правових рішень та інструментів в Україні наведено на рис. 2.

При цьому, законодавчі ініціативи передбачають закріплення понять «екосистемні послуги» та «плата за екосистемні послуги» в законодавстві (включно з визначеннями ролей сторін, термінів, умов договорів, механізму реєстрації та захисту прав). Це створить правову передумову / підґрунтя для угод щодо плати за послуги екосистем.

Необхідно також внести зміни до Лісового кодексу і Земельного кодексу щодо можливості

укладання довгострокових контрактів з охорони режимів і обмежень господарської діяльності з метою надання екосистемних послуг (наприклад, режимів для збереження біорізноманіття чи вуглецевих потоків).

Не менш важливим аспектом є врегулювання податкових / бюджетних стимулів (пільги, компенсації, гранти) для лісокористувачів, а також механізми державної співфінансувальної підтримки у перехідний період.

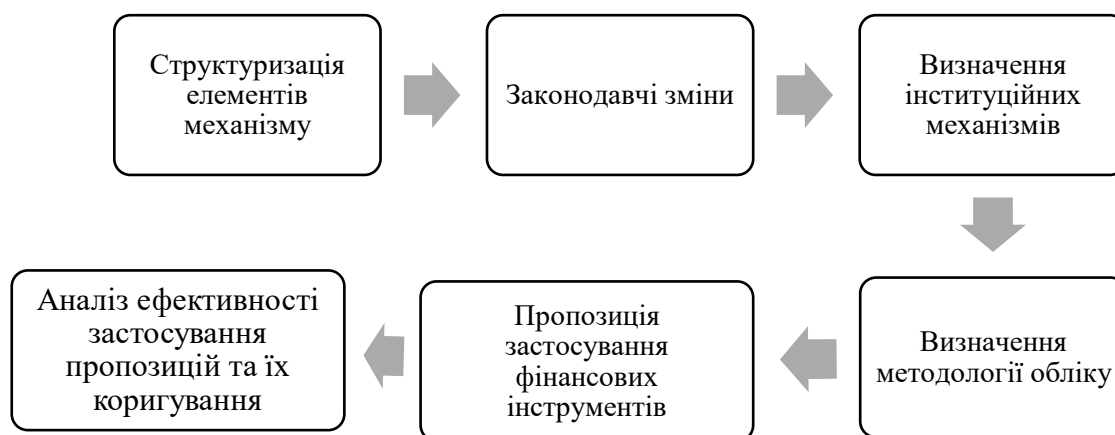


Рис. 2. Процес практичної імплементації правових рішень та інструментів в Україні (сформовано авторами за Nisbet, 2021; Ільїна, Шпильова, 2022)

Fig. 2. Process of practical implementation of legal decisions and instruments in Ukraine (compiled by the authors based on Nisbet, 2021; Ilna, & Shpylova, 2022)

Інституційна модель еколого-економічного механізму врахування послуг лісових екосистем у діяльності лісгосподарських підприємств України повинна сприяти створенню міжвідомчої робочої групи або платформи з координації платежів за послуги екосистем під керівництвом Міндовкілля та з участю Держлісагентства, Мінфіну, місцевої влади і донорів – для розроблення стандартів, моніторингу і вирішення спорів; запровадженню реєстру контрактів платежів і реєстру постачальників екосистемних послуг, відкритому для платників (компанії, громади, міжнародні покупці вуглецевих кредитів); розвитку ролі НГО і наукових центрів у MRV, оцінюванню біорізноманіття та навчанню персоналу надлісництва.

Основні аспекти неузгодженості інституційно-правового забезпечення та заходи з їх мінімізації полягають у виникненні низки ризиків:

- ризику правової невизначеності, який можна мінімізувати через стандартизовані шаблони контрактів і реєстр платежів;
- ризику недовіри платників (виконання / MRV) – незалежна верифікація, відкриті дані та чіткі методи;
- соціальні ризики (локальні громади, права доступу) – обов'язкові консультації, розподіл вигід, механізми компенсації;
- економічні ризики (низька платоспроможність платників) – комбіноване фінансування (донори, приватні інвестиції, державні гранти).

Дискусія (Discussion).

Можна запропонувати наступні практичні кроки імплементації інституційно-правового забезпечення для старту на рівні держави та надлісництва, які полягають у таких положеннях.

1. Нульовий етап (6-12 міс.): створення міжвідомчої платформи із залученням усіх стейкхолдерів, розробка концепції платежів за послуги екосистем в Україні, запуск пілотних проєктів у декількох надлісництвах.

2. Формування MRV і реєстру (12-24 міс.): методику SEEA-сумісного обліку, стандарти MRV, перші контракти pay-for-performance.

3. Законодавче закріплення (24-36 міс.): прийняття / внесення змін до законів (цільовий закон або пакет змін до Лісового / Земельного кодексів), податкові стимули.

4. Масштабування (3-5 років): інтеграція у національне природоохоронне планування, розвиток ринку платежів за екосистемні послуги та залучення приватного капіталу.

Отже здійснений аналіз свідчить, що Україна має сформовану інституційну базу для інтеграції екосистемних послуг у лісове господарство, проте нормативно-правове забезпечення залишається фрагментарним. Не вистачає спеціального закону, який би визначав порядок обліку, оцінювання та оплати екосистемних послуг. Також недостатньо налагоджена співпраця між науковими установами й підприємствами щодо методик оцінювання екосистемних функцій.

Водночас міжнародний досвід демонструє ефективність фінансових моделей платежів за екосистемні послуги, інструментів зелених інвестицій та системи національного природно-ресурсного обліку, які можуть бути адаптовані в Україні. Наявність зацікавлених сторін – від громади до уряду створює потенціал для впровадження комплексного механізму.

Висновки (Conclusion).

1. Інституційні та правові умови формування еколого-економічного механізму в Україні знаходяться на етапі становлення та потребують подальшої систематизації й удосконалення.

2. Лісогосподарські підприємства є ключовими виконавцями механізму, проте потребують методичної та нормативної підтримки для інтеграції екосистемних послуг у свою діяльність.

3. Наявні правові акти створюють основу, але відсутність спеціального законодавства щодо обліку та фінансування екосистемних послуг є істотною перешкодою.

4. Механізм урахування екосистемних послуг має включати оцінювання, облік, економічне стимулювання та моніторинг виконання екологічних функцій.

5. Впровадження інструментів природного капіталу, PES та системи SEEA EA забезпечить підвищення ефективності управління лісами і посилить екологічну стійкість сектору.

Конфлікт інтересів (Conflicts of Interest).

Автори заявляють про відсутність у них відомих конкуруючих фінансових інтересів чи особистих зв'язків, які могли б вплинути на результати, представлені у цій статті.

Список літератури (References)

- Başkent, E. Z. (2021). Assessment and valuation of key ecosystem services provided by two forest ecosystems in Turkey. *Journal of Environmental Management*, 285, 112135. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112135>
- Chelepis, T. (2023). Analysis of the institutional environment for the integration of ecosystem services in the forestry of Ukraine. *Economic Scope*, 188, 177–182. <https://doi.org/10.32782/2224-6282/188-29> [Челепіс, Т. (2023). Аналіз інституційного середовища для інтеграції екосистемних послуг у лісове господарство України. *Економічний простір*, 188, 177–182.] (in Ukrainian)
- Costanza, R. (2008). Ecosystem services: Multiple classification systems are needed. *Biological Conservation*, 141, 350–352. www.robertcostanza.com/wp-content/uploads/2017/02/2008_J_Costanza_ES_BioConservation.pdf
- Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., ... van den Belt, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387(6630), 253–260. <https://www.nature.com/articles/387253a0>
- de Groot, R., Fisher, B., Christie, M., Aronson, J., Braat, L., Gowdy, J., ... Kadakodi, G. K. (2011). *Integrating the ecological and economic dimensions in biodiversity and ecosystem service valuation*. The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB). Earthscan.
- de Groot, R. S., Wilson, M. A., & Boumans, R. M. J. (2002). A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics*, 41(3), 393–408. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(02\)00089-7](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(02)00089-7)
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2022). *The state of the world's forests 2022: Forest pathways for green recovery and building inclusive, resilient and sustainable economies*. FAO. <https://www.fao.org/3/cb9479en/cb9479en.pdf>
- Ilin, M., & Shpylova, Yu. (2022). Algorithm of implementation of ecosystem services evaluation methods. *Economy and Society*, 35. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-35-3> [Ілін, М., Шпильова, Ю. (2022). Алгоритм упровадження методів оцінювання екосистемних послуг. *Економіка та суспільство*, 35.] (in Ukrainian)
- Issii, T. M., Romero, A. C., Pereira-Silva, E. F., Attanasio, M. R., & Hardt, E. (2020). The role of legal protection in forest conservation in an urban matrix. *Land Use Policy*, 91, 104366. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104366>
- Haines-Young, R., & Potschin, M. B. (2017). *Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 and guidance on the application of the revised structure*. https://seea.un.org/sites/seea.un.org/files/lg23_cices_v5.1_final_revised_guidance_03-10-2017.pdf
- Kullolli, B. (2024). Legal regulation of the use of forest resources. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*, 15(2), 97–117. <https://doi.org/10.31548/forest/2.2024.97>
- Lelechenko, A. P. (2020). Mechanisms of state regulation of ecosystem services sphere in the context of ensuring the transition to the principles of sustainable development. *Efficiency of Public Administration*, 62, 213–227. <https://doi.org/10.33990/2070-4011.62.2020.205833> [Лелеченко, А. П. (2020). Механізми державного регулювання сфери екосистемних послуг у контексті забезпечення переходу на засади сталого розвитку. *Ефективність державного управління*, 62, 213–227.] (in Ukrainian)
- McElwee, P., Nghiem, T., Le, H., Vu, H., & Tran, N. (2014). Payments for environmental services and contested neoliberalisation in developing countries: A case study from Vietnam. *Journal of Rural Studies*, 36, 423–440. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2014.08.003>
- Mishenin, Ye. V., & Degtyar, N. V. (2015). Economics of ecosystem services: Theoretical and methodological foundations. *Marketing and Management of Innovations*, 2, 243–257. <https://essuir.sumdu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/21332f20-c7ac-4ee4-8b54-7225286b5ec5/content> [Мишенін, Є. В., Дегтяр, Н. В. (2015). Економіка екосистемних послуг: теоретико-методологічні основи. *Маркетинг і менеджмент інновацій*, 2, 243–257.] (in Ukrainian)

- Nisbet, T. (2021). *Forests for water services: Manual. A step-by-step guide for payment schemes*. https://cdn.forestresearch.gov.uk/2022/02/pesforw_user_manual_-_ukrainian_2021.pdf [Нісбет, Т. (2021). *Ліси для водопостачання. Покрокове керівництво зі схем оплати*. Наукові редактори перекладу: Л. Загвойська і Т. Парпан.] (in Ukrainian)
- Shashula, L., Sakal, O. V., & Tretiak, N. A. (2019). Payment for ecosystem services in Ukraine: Priority direction of revitalization. *Mechanism of Economic Regulation*, 2, 6–16. <https://doi.org/10.21272/mer.2019.84.01> [Шашула, Л. О., Сакаль, О. В., Третяк, Н. А. (2019). Плата за екосистемні послуги в Україні: пріоритетні напрями активізації. *Механізм регулювання економіки*, 2, 6–16.] (in Ukrainian)
- Soloviy, I. P., & Korol, I. M. (2024). The contribution of Industry 4.0 technologies to sustainable development of the forest sector. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 34(1), 42–47. <https://doi.org/10.36930/40340106> [Соловій, І. П., Король, І. М. (2024). Сталій розвиток лісового сектора економіки з урахуванням технологій Індустрії 4.0. *Науковий вісник НЛТУ України*, 34(1), 42–47.] (in Ukrainian)
- Spangenberg, J. H., & Settele, J. (2010). Precisely incorrect? Monetising the value of ecosystem services. *Ecological Complexity*, 7(3), 327–337. <https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2010.04.007>
- Tkach, V. P., Vysotska, N. Yu., Torosov, A. S., Buksha, I. F., Pasternak, V. P., Los, S. A., & Bondar, O. B. (2023). *Economic evaluation of ecosystem services of Ukrainian forests*. Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration. https://www.researchgate.net/publication/376512401_Economic_evaluation_of_ecosystem_services_of_Ukrainian_forests [Ткач, В. П., Висоцька, Н. Ю., Торосов, А. С., Букша, І. Ф., Пастернак, В. П., Лось, С. А., ... Бондар, О. Б. (2023). *Економічна оцінка екосистемних послуг лісів України*. Харків: УкрНДІЛГА.] (in Ukrainian)
- United Nations Economic Commission for Europe. (2021). *Forest sector outlook study*. UNECE. <https://unece.org/2021-0>
- Veklych, O. (2020). Essential characteristic of ecosystem assets of territorial communities. *Efektivna ekonomika*, 5. <https://doi.org/10.32702/2307-2105-2020.5.17> [Веклич, О. О. (2020). Сутнісна характеристика екосистемних активів територіальних громад. *Ефективна економіка*, 5.] (in Ukrainian)
- Wallace, K. J. (2007). Classification of ecosystem services: Problems and solutions. *Biological Conservation*, 139(3–4), 235–246. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2007.07.015>
- Wunder, S., Börner, J., Ezzine-de-Blas, D., Feder, S., & Pagiola, S. (2020). Payments for environmental services: Past performance and pending potentials. *Annual Review of Resource Economics*, 12(1), 209–234. <https://doi.org/10.1146/annurev-resource-100518-094206>
- Zahvoyska, L. D. (2011). Philosophical and economic discourse on the “Human–Nature” problem. In *Sustainable development and environmental security: Theory, methodology, practice* (pp. 12–41). Arial. [Загвойська, Л. Д. (2011). Філософсько-економічний дискурс проблеми «Людина–Природа». *Сталій розвиток та екологічна безпека: теорія, методологія, практика*. Сімферополь: ВД «АРІАЛ». 12–41.] (in Ukrainian)
- Zahvoyska, L. D. (2013). Conceptualization of ecosystem services in modern ecological-economic discourse. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 11, 178–185. <http://fasu.nltu.edu.ua/index.php/nplanu/issue/view/12> [Загвойська, Л. Д. (2013). Концептуалізація послуг екосистем у сучасному еколого-економічному дискурсі. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 11, 178–185.] (in Ukrainian)

Institutional and Legal Aspects of the Ecological-Economic Mechanism for Accounting for Forest Ecosystem Services in the Activities of Forestry Enterprises in Ukraine¹

L. Mits²

The essence and structural components of the ecological-economic mechanism for accounting of forest ecosystem services in the activities of forestry enterprises in Ukraine are identified. It is found that its effectiveness depends on the consistency of legal norms, institutional interaction and the availability of economic incentives. In addition, it is established that the modern practice of forest use in Ukraine is characterized by fragmented legal regulation, the absence of special legislation on accounting and monetization of forest ecosystem services, as well as insufficiently developed mechanisms for payments for ecosystem benefits. The main international approaches to the assessment, accounting and implementation of ecosystem services (TEEB, IPBES, SEEA, EA, PES) are characterized. They can be adapted to Ukrainian conditions. The role of key institutions – state bodies, forestry enterprises, scientific institutions, local communities and public organizations – in the formation and implementation of institutional and legal instruments is identified. The impact of gaps in legislation, imperfect tax and budget mechanisms, and the lack of a unified monitoring and verification system on the implementation of ecosystem services in forest management practice was assessed. It was found that the use of economic instruments, such as payments for ecosystem services, tax incentives, compensation mechanisms, and grant programs, could ensure sustainable development of the forest sector and strengthen the financial sustainability of enterprises.

The need to create partnership platforms between the state, communities, business, and scientific institutions to coordinate decisions, standardize assessment methods, and increase transparency of environmental processes was substantiated. It was summarized that the introduction of a comprehensive institutional and legal mechanism will contribute to the integration of ecosystem services into the financial and strategic planning of forestry enterprises, strengthening natural capital, and developing the ecosystem services market in Ukraine.

The study focuses on clarifying the content and structure of the ecological and economic mechanism for accounting for ecosystem services in forestry decision-making in Ukraine; identifying the organizational and legal prerequisites for its implementation; developing a model of institutional interaction among the actors of the system for accounting for forest ecosystem services; and proposing a systemic approach to integrating the value of ecosystem services into the activities of forestry enterprises. The obtained results can be used to improve the regulatory and legal framework of forestry, develop new economic instruments to stimulate sustainable forest management, form mechanisms of environmental payments, and enhance the system of natural capital management in the forestry sector.

Key words: forestry; ecosystem services; institutions; scheme of legal instruments implementation.

¹*Scientific supervisor* – Lyudmyla Zahvoyska, PhD, professor, Department of Economics, Tourism and Recreation. Ukrainian National Forestry University. E-mail: lyudmyla.zahvoyska@nltu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0028-4723>

²*Liubomyr Mits* – PhD student of the Department of Economics, Tourism and Recreation. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka St., Lviv, 79057, Ukraine. E-mail: mits.liubomyr@nltu.lviv.ua ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-3667-0011>



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

<http://fasu.nltu.edu.ua>
<https://doi.org/10.36930/412535>
Article received 2025.06.02
Article revised 2025.11.17
Article accepted 2025.11.20
Article published 2026.03.16

ISSN 1991-606X print
ISSN 2616-5015 online
@ ✉ Correspondence author
Oksana Pelyukh
pelyukh.o@nltu.edu.ua
103 General Chuprynka St.,
Lviv, 79057, Ukraine

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 (CC BY 4.0) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)



УДК 630*6:330.15:502.131.1(477.87/.88)

Багатокритеріальна оптимізація сценаріїв менеджменту лісів Українських Карпат у дискурсі парадигми екосистемних послуг

О.Р. Пелюх¹, Л.Д. Загвойська²

В умовах посилення суспільного запиту на багатofункціональну роль лісів і послуги лісових екосистем, традиційні підходи до менеджменту лісового господарства виявилися неадекватними, особливо в Українських Карпатах, де поширення монокультурних похідних ялинових насаджень, сформованих для максимізації обсягів деревини, призвело до втрати їхньої стійкості. Ця проблема особливо гостра в Українських Карпатах, де поширення монокультурних похідних ялинових насаджень, які були сформовані для максимізації обсягів деревини, призвело до втрати їхньої стійкості, продуктивності та біорізноманіття. Ці одновікові насадження є менш стійкими до негативних чинників, таких як шкідники, хвороби та вітровали, порівняно з природними мішаними або буковими лісами. Усталені підходи до ведення лісового господарства потребують адаптації до нових умов для збалансування конфліктуючих потреб різних стейкхолдерів. Метою роботи є розроблення ефективних сценаріїв переформування цих насаджень і визначення оптимальних, враховуючи суперечливі потреби стейкхолдерів. За результатами моделювання, виконаного з використанням симулятора росту SIBYLA та застосуванням методу аналізу ієрархій, запропоновано 56 можливих сценаріїв та оцінено їх за лісogосподарським, екологічним, економічним і соціальним критеріями. Виявлено, що оптимальним сценарієм є той, який забезпечує формування цільового, наближеного до корінного, різновікового мішаного насадження шляхом природного понов-

¹ Пелюх Оксана Романівна – кандидат економічних наук, старший викладач кафедри економіки, туризму та рекреації. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. E-mail: pelyukh.o@nltu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1889-3623>

² Загвойська Людмила Дмитрівна – член-кореспондент Лісівничої академії наук України, професор, кандидат економічних наук, професор кафедри економіки, туризму та рекреації. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. E-mail: lyudmyla.zahvoyska@nltu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0028-4723>

лення. Отримані кількісні оцінки приросту обсягів послуг лісових екосистем (регулювання, підтримання, туристично-рекреаційні можливості) можуть слугувати надійною інформаційною основою для визначення їхньої вартості та оцінювання еколого-економічної ефективності заходів переформування.

Ключові слова: метод імітаційного моделювання; метод аналізу ієрархій; критерії; оптимізація; прийняття управлінських рішень; туристично-рекреаційний потенціал лісів.

Вступ (Introduction).

Упродовж століть ліси відігравали важливу роль у забезпеченні людини їжею, прихистком, паливом, деревиною та ін. Однак, на сучасному етапі коеволюції соціальних та екологічних систем багатофункціональна роль лісів стає дедалі більш затребуваною, пріоритезується суспільний запит на такі послуги лісових екосистем, як послуги регулювання і підтримання (Reid et al., 2005; Haines-Young, & Potschin, 2012). Тож звичні підходи, моделі і сценарії ведення лісового господарства стають неадекватними, оскільки вони не враховують складний і динамічний нексус екологічних, економічних і соціальних послуг, який охоплює їжу, воду, паливо, сировину, дослідницькі, рекреаційні, лікувальні, сакральні і туристичні можливості, а також пом'якшує зміни клімату, стихійні лиха тощо.

Ці тенденції особливо гостро відчуваються на сьогодні у лісах Українських Карпат, які є унікальним природним комплексом, котрий виконує критично важливі екологічні, соціальні та економічні функції. Однак, значні антропогенні впливи, яких зазнавали Українські Карпати впродовж останніх сторіч, були спрямовані на максимізацію заготівлі обсягів деревини і призвели до поширення похідних ялинових насаджень, які спочатку насправді були більш продуктивними. Проте з часом ці насадження, монокультурні та одновікові за своєю природою, виявилися менш стійкими до впливу негативних чинників – вітровалів, буреломів, пошкодження шкідниками, ураження патогенами тощо, втративши свою стійкість, продуктивність і біорізноманіття порівняно з природними буковими чи мішаними лісами (Дебринюк, 2011; Загвойська, Пелюх, 2016).

Тож стає очевидним, що усталені підходи до ведення лісового господарства потрібно адаптувати до нових умов (Криницький та ін., 2014). Необхідно збалансувати конфліктуючі, а часто навіть і взаємовиключні потреби стейкхолдерів, переосмислити існуючі стратегії, підходи, методи і моделі лісокористування. У цьому контексті багатокритеріальна оптимізація постає як потужний інструмент розроблення та оптимізації сценаріїв менеджменту, які дають можливість узгодити різні інтереси і пріоритети.

Значний внесок у розробку моделей процесів, які відбуваються в лісових екосистемах, зробили низка науковців (Ковальчук, 2003;

Fabrika, 2003; Fabrika, & Ďurský, 2005; Merganycova, Pietsch, & Hasenauer, 2005; Лакида, Домашовець, Швець, 2013; Fabrika, & Pretzsch, 2013; Букша та ін., 2017 та ін.), досліджуючи широкий спектр лісорослинних умов. Багато робіт присвячено також проблемам інтегрування моделей динаміки лісових екосистем у практику прийняття рішень на засадах сталого розвитку (Адамовський, 2005; Козак, & Парпан, 2009; Buongiorno, & Gilles, 2003; Bravo et al., 2024 та ін.).

Актуальність теми зумовлена невідповідністю традиційних підходів до менеджменту лісів в умовах глобальної полікризи і зростаючого суспільного запиту на їхню багатофункціональну роль та екосистемні послуги. Ця проблема є критичною для Українських Карпат, де історичне фокусування на максимізації обсягів деревини призвело до поширення вразливих монокультурних ялинових насаджень, які втрачають свою біологічну стійкість і продуктивність. Необхідність переосмислення стратегій лісокористування та збалансування конфліктуючих інтересів різних стейкхолдерів через багатокритеріальну оптимізацію сценаріїв переформування лісів є нагальною для забезпечення сталого розвитку регіону.

Метою дослідження є розроблення, аналізування та обґрунтування оптимального сценарію переформування похідного ялинового насадження в Українських Карпатах з урахуванням кількісного оцінювання вигід у дискурсі парадигми екосистемних послуг, що дасть змогу забезпечити збалансоване лісокористування в довгостроковій перспективі.

Об'єкти і методика дослідження (Objects and methods).

Об'єктом дослідження є ділянка колишнього Державного підприємства «Рахівське лісове дослідне господарство» (ДП «Рахівське ЛДГ») Закарпатської області, а саме ділянка площею 7,2 га, яка знаходиться на території Щаульського лісництва (кв. 6, вид. 1). Предмет досліджень – теоретико-методологічні та прикладні аспекти багатокритеріальної оптимізації сценаріїв менеджменту ділянки дослідження в Українських Карпатах у дискурсі парадигми екосистемних послуг.

Методами дослідження є детерміноване імітаційне моделювання динаміки лісостатнів з

використанням симулятора росту лісонасаджень SIBYLA (Fabrika, & Ďurský, 2005), яке використано для відтворення біодинаміки насаджень, зумовленої природними процесами та менеджментом, а також метод аналізу ієрархій (Saaty, 2008) – математичний апарат, який дозволяє визначати оптимальний варіант із набору можливих шляхом їх попарного порівняння за критеріями різної важливості. Результати використання цих методів дадуть змогу забезпечити збалансоване лісокористування у довгостроковій перспективі на засадах сталого розвитку.

Результати (Results).

Одним із ефективних інструментів моделювання складної поведінки лісових екосистем є симулятор росту SIBYLA (Simulator of Forest Biodynamic), який розроблений проф. Марекком Фабрікою для дослідження лісів Словаччини (Fabrika, & Ďurský, 2005). Симулятор надає можливість моделювати поведінку лісових екосистем у різних типах лісорослинних умов. Модель побудована на принципах, розроблених для програми SILVA 2.2 (Pretzsch, Biber, & Dursky, 2002), але має більше можливостей і дозволяє моделювати ріст одно- та різновікових чистих і мішаних лісових насаджень. Програма дає змогу моделювати ріст лісових насаджень, які знаходяться на території всієї Словаччини, а для лісових насаджень поза її межами потрібно проводити калібрування моделі.

Найменшою одиницею моделювання для цього симулятора росту є дерево або деревостан. Їх моделюють за допомогою рівнянь і співвідношень, що відображають причинно-наслідкові взаємозв'язки, описують реальні біологічні процеси у лісових екосистемах (Загвойська, Пелюх, 2015). Перевагами симулятора SIBYLA є коректне відтворення нелінійної динаміки лісових екосистем завдяки застосуванню складних моделей, які враховують лісорослинні умови росту лісів та інші важливі чинники (Fabrika, & Ďurský, 2005; Загвойська, Пелюх, 2016a, 2016b).

Зважаючи на переваги симулятора SIBYLA, ми застосували його для розроблення та аналізу сценаріїв переформування похідного ялинового насадження на території колишнього ДП «Рахівське ЛДГ» Закарпатської області. Ця ділянка була обрана на основі експертних суджень та аналізу даних Українського державного проектного лісовпорядного виробничого об'єднання ВО «Укрдержлісprojekt», які свідчать про те, що на території Закарпатської області, де знаходиться 52,55% усієї території Українських Карпат, сконцентрована найбільша площа засохлих похідних ялинових насаджень.

Відповідно до лісоінвентаризаційних матеріалів ДП «Рахівське ЛДГ», ділянка дослідження

знаходиться на території Щаульського л-ва (кв. 6, вид. 1, пл. 7,2 га), розташована на схилі західної експозиції стрімкістю 21° на висоті 650 м н.р.м. і відноситься до категорії рекреаційно-оздоровчих і берегозахисних лісів.

На час збору інформації на ділянці росло 62-річне насадження складу 9Ял1Кля. Під наметом ялиниці сформувався підріст за участю ялиці та бука із середнім віком 10 років. Метою переформування насадження на дослідній ділянці було створення цільового деревостану на основі природного поновлення, який би характеризувався різновіковістю, мішаним видовим складом і відповідав типу лісу. Дослідну ділянку віднесено до вологої буково-ялицевої сусмеричини (С₃-бк-яцСм), тобто до умов, сприятливих для успішного росту деревостану за участю 60-70% ялини, 20-30% бука, 10-20% ялиці з домішкою явора та ясеня.

Повнота насадження модельованої ділянки становила 0,7 із загальним запасом 302 м³·га⁻¹, середньою висотою дерев 26 м та середнім діаметром 28 см. Густота насадження становила 740 шт./га з площею поперечного перерізу 29,7 м²/га. Розподіл стовбурів відповідав нормальному закону розподілу та свідчив про наявність широкого діапазону діаметрів дерев (16–32 см). Бонітет деревостану – І^a. На досліджуваній ділянці лісу спостережено інтенсивне всихання ялини (15% від загальної площі). Зібрані авторами лісоінвентаризаційні матеріали про досліджувану ділянку слугували вихідними даними для імітаційного моделювання.

Моделювання сценаріїв переформування похідного ялинового насадження симулятором SIBYLA виконано відповідно до законодавчо-правової бази України (Пелюх, 2018) і рекомендацій щодо реалізації цього лісгосподарського заходу, розроблених групою науковців УкрНДІ-гірліс ім. П.С. Пастернака (м. Івано-Франківськ) і Національного лісотехнічного університету України (м. Львів) (Парпан та ін., 2014). Зокрема, у модулі рубки запрограмовано застосування таких лісівничих втручань як проріджування та вибирання окремих дерев із цільовим діаметром.

Вітчизняні та зарубіжні науковці (Hanewinkel, & Pretzsch, 2000; Hanewinkel, 2001; Schütz, 2001; Шпарик, Леснік, 2006; Криницький та ін., 2014; Лавний, Шніцлер, 2014; Парпан та ін., 2014; Шпарик, 2016 та ін.) приділяли значну увагу розробленню принципів, підходів і сценаріїв переформування похідних ялинових насаджень. Вивчивши цей досвід, автори розробили і змодельовали 56 потенційних сценаріїв переформування (Pelyukh et al., 2016a, 2016b, 2018), які відрізнялися комбінаціями інтенсивності рубок та часу їх проведення. Проте, застосування лише чотирьох із них S_i ($i=1:4$) дало змогу досягнути

цільового видового складу, складної вертикальної структури, покращити санітарний та естетичний стан ділянки, підтримати стійкість і стабільність деревостану, підвищити його продук-

тивність, відтак – досягти мети переформування (табл. 1). Тривалість модельованих сценаріїв переформування становила 80 років і включала вісім періодів по 10 років.

Таблиця 1. Зведені результати імітаційного моделювання процесу переформування похідного ялинового насадження на прикладі ДП «Рахівське ЛДГ», отримані з використанням симулятора росту SIBYLA

Table 1. Consolidated results of simulation of the process of a secondary spruce stand conversion, obtained with the SIBYLA growth simulator: Rakhiv State Forestry Enterprise case study

Показник	Од. вим.	Початковий стан	Сценарії переформування S_i ($i=1:4$)			
			S_1	S_2	S_3	S_4
Видовий склад	%	90 ялина 10 бук, ялиця, явір	80 ялина 20 бук, ялиця, явір	80 ялина 20 бук, ялиця, явір	75 ялина 25 бук, ялиця, явір	73 ялина 27 бук, ялиця, явір
Запас деревини	м ³ /га	305	450	431	352	336
Частка деревини І-ІІВ класів	%	70,87	64,66	62,79	58,34	54,61
Різноманіття діаметру	0-1	0,29	0,64	0,62	0,60	0,60
Різноманіття висоти	0-1	0,18	0,46	0,43	0,42	0,42
Індекс загального біорізноманіття	0-10	4,909	7,621	7,630	7,736	7,769

Примітка. Складено авторами на основі результатів імітаційного моделювання симулятором SIBYLA. Жирним шрифтом виділено найкраще значення для кожного показника.

Сценарії переформування лісонасаджень відрізняються інтенсивністю і часом проведення рубок. Зокрема, вибирання окремих дерев ялини із цільовим діаметром 45 см застосовано для сценарію S_2 у п'ятому періоді переформування, для S_3 – у п'ятому і восьмому, для S_4 – у сьомому.

Для вибору оптимального сценарію переформування було застосовано один із методів багатокритеріального оцінювання – метод аналізу ієрархій (Saaty, 2008), який передбачає застосування математичного апарату, що дає можливість вибирати найкращий сценарій шляхом їх попарного порівняння за обраними критеріями з урахуванням їхньої важливості.

Для оптимізації вибору стратегії переформування похідного ялинового насадження на досліджуваній ділянці розроблено чотирирівневу ієрархічну модель (рис. 1). Першим рівнем ієрархічної моделі є формулювання мети оптимізації – вибір найкращого сценарію переформування похідних ялинових насаджень. Другий рівень – критерії переформування – лісогосподарський, екологічний, економічний і соціальний, для яких на основі результатів моделювання сценаріїв переформування складено перелік індикаторів (третій рівень). Четвертий рівень моделі – це пропонувані альтернативні сценарії переформування S_i ($i=1:4$) (див. рис. 1).



Рис. 1. Чотирирівнева ієрархічна модель вибору оптимального сценарію переформування похідного ялинового насадження на території ДП «Рахівське ЛДГ»

Fig. 1. Four-level hierarchical model for choosing the optimal scenario for conversion of a derived spruce stand: the State Enterprise «Rakhivske Forestry»

Для кількісного попарного оцінювання важливості критеріїв і сценаріїв побудованої ієрархічної моделі використано засоби системи підтримки прийняття рішень (СППР) Expert Choice

(табл. 2). Таке порівняння дає змогу врахувати важливість критеріїв у досягненні поставленої мети, а також оцінити переваги кожного із запропонованих сценаріїв щодо кожного критерію.

Таблиця 2. Результати оцінювання переваг сценаріїв переформування
Table 2. Results of assessing the attractiveness of the conversion scenarios

Критерій (його важливість, %)	Сценарії переформування S_i ($i=1:4$), %				Індекс неузгодженості
	S_1	S_2	S_3	S_4	
Лісгосподарський критерій (27,7)	32,0	14,4	14,4	39,2	0,01
Екологічний критерій (16,0)	5,5	11,8	26,2	56,5	0,04
Економічний критерій (46,7)	34,0	28,1	23,9	14,0	0,02
Соціальний критерій (9,5%)	3,8	9,3	25,4	61,5	0,01
Пріоритетність сценаріїв переформування з урахуванням важливості всіх критеріїв	28,4	21,3	21,6	28,8	0,02

Примітка. Розраховано авторами з використанням СППР Expert Choice. Жирним шрифтом виділено найкраще значення показника для кожного критерію порівняння.

З метою встановлення важливості критеріїв проведено опитування експертів-практиків (працівники ДП «Рахівське ЛДГ» і ДП «Сколівське ЛГ»), а також експертів-науковців (працівники НЛТУ України). За їхніми оцінками, найважливішими критеріями для вибору оптимального сценарію переформування є економічний – 46,7% і лісгосподарський – 27,7%.

З погляду економічного критерію, оптимальним варіантом є застосування сценарію переформування S_1 (34,0%), а з погляду лісгосподарського – S_4 (39,2%). Якщо ж брати до уваги важливість усіх критеріїв, то оптимальним сценарієм переформування похідного ялинового насадження на

території ДП «Рахівське ЛДГ» є саме сценарій S_4 (рейтинг 28,8%). Дещо нижчий рейтинг має сценарій S_1 – 28,4%. Зауважимо, що рівень неузгодженості становить 0,02, тобто він є значно меншим від критичного значення, що підтверджує узгодженість оцінок експертів.

Результати моделювання (рис. 2) демонструють, що відповідно до визначених за оцінками експертів рівнів важливості критеріїв, оптимальним сценарієм переформування насадження на досліджуваній ділянці є сценарій S_4 . Саме він найкраще задовольняє всі обрані критерії (на 28,8% із 100% можливих) і загалом є найкращим порівняно з трьома іншими.

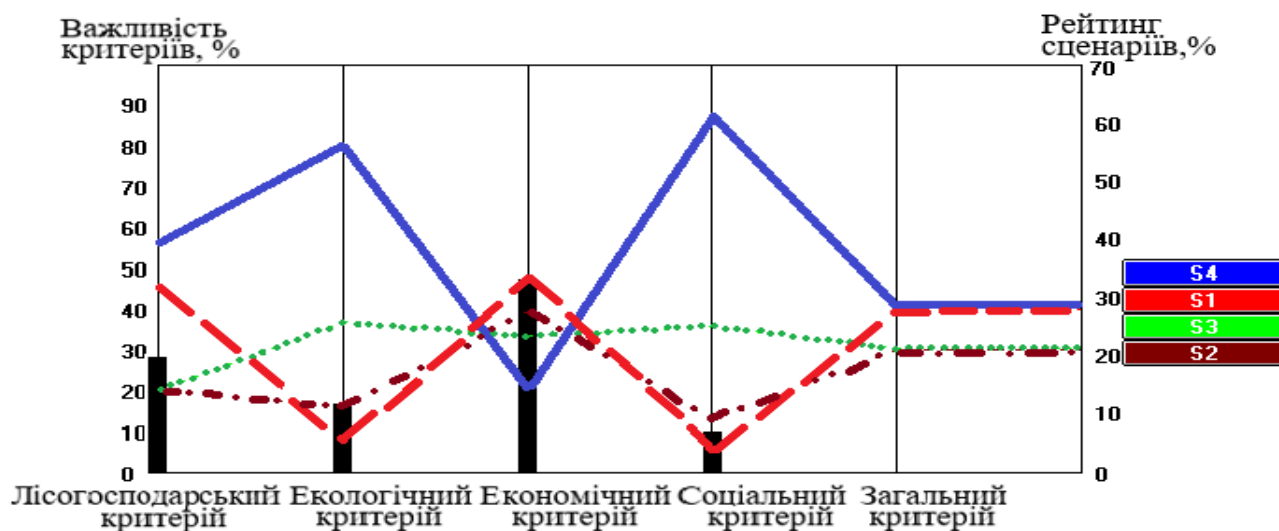


Рис. 2. Одно- і багатокритеріальне ранжування сценаріїв переформування S_i ($i=1:4$) з використанням СППР Expert Choice

Fig. 2. Single- and multicriteria ranking of conversion scenarios S_i ($i=1:4$) using Expert Choice DSS

Примітка. Розраховано авторами з використанням СППР Expert Choice

Сценарії переформування S_1 і S_4 задовольняють обрані критерії майже однаково (на 28,4% та 28,8% відповідно). Поряд з цим, сценарії

переформування S_2 і S_3 є найгіршим серед усіх інших, оскільки задовольняють виконання всіх критеріїв лише на 21,3% та 21,6% відповідно.

У випадку зростання важливості економічного критерію, переваги у застосуванні сценарію

переформування S_1 тільки зростатимуть, тоді як за сценарієм S_4 – знижуватимуться (рис. 3).

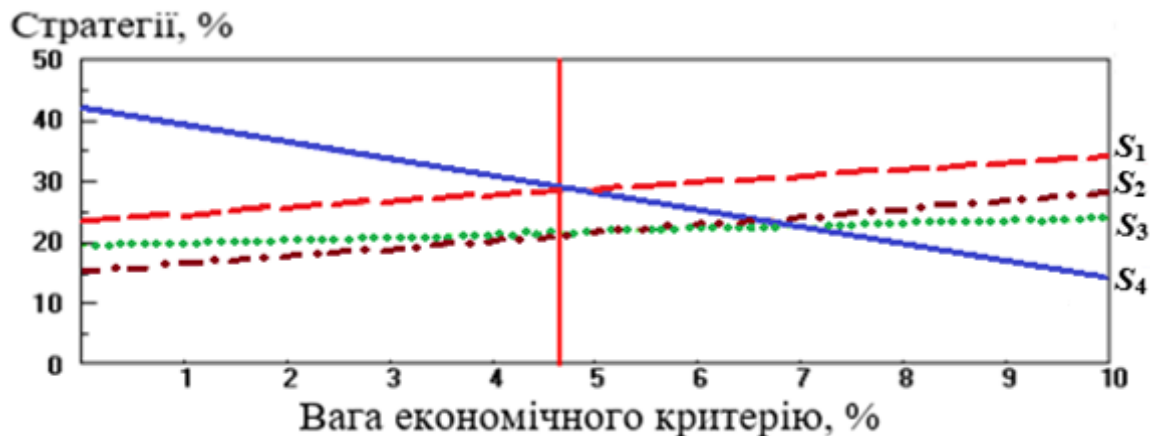


Рис. 3. Чутливість рейтингу сценаріїв до зміни ваги економічного критерію

Fig. 3. Sensitivity of the scenarios ranking to changes of the weight of the economic criterion

Примітка. Розраховано авторами з використанням СППР Expert Choice.

Проте, якщо найбільшого значення надати екологічному критерію, то найкращим сценарієм

стане саме S_4 (рис. 4), який за всіма критеріями знаходиться у протифазі до S_1 (рис. 2, 3 і 4).



Рис. 4. Ефективність сценаріїв переформування S_i ($i=1:4$) у досягненні екологічного та економічного критеріїв. Розраховано з використанням СППР Expert Choice.

Fig. 4. Effectiveness of conversion scenarios S_i ($i=1:4$) in achieving environmental and economic criteria. Calculated by authors using Expert Choice DSS

Примітка. Розраховано авторами з використанням СППР Expert Choice.

Найкращий сценарій переформування насаджень на досліджуваній ділянці мав би знаходитись у верхньому правому прямокутнику (див. рис. 4). Проте, лише сценарій переформування S_4 наближається до нього.

Дискусія (Discussion).

Вихідною передумовою цього дослідження була неадекватність традиційних підходів до менеджменту лісового господарства в умовах посилення суспільного запиту на багатофункціональну роль лісів і послуги лісових екосистем. Ця проблема є особливо гострою в Українських Карпатах, де монокультурні похідні ялинові насадження, сформовані здебільшого для отримання максимальних обсягів деревини, втратили свою стійкість, продуктивність і біорізноманіття. Метою роботи передбачено розробку сценаріїв

переформування таких насаджень і визначенні оптимального з них, враховуючи суперечливі потреби стейкхолдерів. Застосування методу імітаційного моделювання за допомогою симулятора росту SIBYLA, який коректно відтворює нелінійну поведінку лісових екосистем, враховуючи лісорослинні умови та інші чинники, у поєднанні з методом аналізу ієрархій забезпечило системне охоплення й кількісне оцінювання різнобічних впливів заходів переформування.

Результати застосування методу аналізу ієрархій чітко засвідчують, що оптимальним сценарієм переформування похідного ялинового насадження є сценарій S_4 , який отримав рейтинг 28,8%. Цей сценарій дозволяє якнайкраще досягти мети дослідження, а саме – сформувати цільове, наближене до корінного, різновікове мішане наса-

дження шляхом сприяння природному поновленню. Цей підхід є критично важливим, оскільки він сприяє підвищенню рівня біорізноманіття, забезпечує формування біотично стійкого, стабільного і продуктивного насадження, що особливо актуально в умовах зміни клімату. Проте аналіз чутливості та експертних оцінок виявив *значне неспівпадіння* між економічними та екологічними цілями.

Згідно з оцінками експертів-практиків і науковців, найбільшу вагу для вибору оптимального сценарію мали економічний і лісогосподарський критерії (46,7% і 27,7% відповідно). У той час як сценарій S_4 є оптимальним з погляду лісогосподарського критерію (39,2%), сценарій S_1 (з рейтингом 28,4%) виявився оптимальним для економічного критерію (34,0%). Сценарії S_1 та S_4 знаходяться практично у протифазі відповідно до економічного та екологічного критеріїв. Аналіз чутливості результатів до важливості критеріїв підтвердив, що у випадку зростання важливості економічного критерію переваги у застосуванні S_1 збільшуватимуться, тоді як S_4 – падатимуть. І навпаки, якщо найбільшого значення надати екологічному критерію, то найкращим сценарієм стане саме S_4 . Цей конфлікт демонструє необхідність багатокритеріальної оптимізації для збалансування суперечливих потреб різних стейкхолдерів.

Незважаючи на напрацьований методологічний внесок, дослідження має певні обмеження. Зокрема, тут не були враховані зміни кліматичних умов, виникнення негативних стихійних явищ у гірських регіонах, здійснення нелегальних рубок тощо впродовж періоду переформування. Тому, отримані результати багатокритеріальної оптимізації сценаріїв переформування ялинового насадження на досліджуваній ділянці необхідно інтерпретувати з обережністю. Крім того, їх не можна екстраполювати на інші лісові ділянки, які необхідно переформувувати, оскільки для розроблення сценаріїв переформування дуже важливі особливості лісорослинних умов, склад і вік насадження, наявність підросту деревних видів відповідно до типу лісу. Не були також враховані неоцінені ринком послуги екосистем, цінність яких складно отримати для послуг регулювання і підтримання, а також для культурних послуг, що може суттєво змінити пріоритети запропонованих сценаріїв.

Висновки (Conclusion).

1. Результати застосування методу аналізу ієрархій на основі кількісного оцінювання потоку екосистемних послуг змодельованого процесу переформування похідного ялинового насадження на території ДП «Рахівське ЛДГ» програмою SIBYLA демонструють, що сценарій переформування S_4 дозволяє якнайкраще досягти мети переформування деревостану, а саме, отримати цільовий, наближений до корінного видовий

склад зі складною вертикальною структурою шляхом сприяння природному поновленню.

2. Застосування сценарію переформування S_4 дасть змогу підвищити рівень біорізноманіття на ділянці дослідження, забезпечити біотичну стійкість, стабільність і продуктивність насадження навіть в умовах зміни клімату.

3. Отримані кількісні оцінки приросту обсягів послуг лісових екосистем унаслідок застосування сценарію переформування S_4 є основою надійного інформаційного забезпечення для визначення їхньої вартості та оцінювання еколого-економічної ефективності заходів переформування з погляду лісовласника і суспільства.

Конфлікт інтересів (Conflicts of Interest).

Автори заявляють про відсутність у них відомих конкуруючих фінансових інтересів чи особистих зв'язків, які могли б вплинути на результати, представлені у цій статті.

Список літератури (References)

- Adamovskyy, O. M. (2005). Modeling methods in forestry. *Scientific Bulletin of the National Forestry University of Ukraine*, 15(7), 67–71. <https://cyberleninka.ru/article/n/metodi-modelyuvannya-u-lisovomu-gospodarstvi.pdf> [Адамовський, О. М. (2005). Методи моделювання у лісовому господарстві. *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України*, 15(7), 67–71.] (in Ukrainian)
- Bravo, F., Yang, S. I., Ruano, I., Antón-Fernández, C., Herrero, C., & Durango, I. (2024). Artificial intelligence and forestry. *Frontiers in Forests and Global Change*, 7, 1500701. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2024.1500701>
- Buksha, I. F., Shvydenko, A. Z., Bondaruk, M. A., Pyvovar, T. S., Buksha, M. I., Pasternak, V. P., ... Krakovska, S. V. (2017). Methodology for modeling and assessing climate change impacts on forest phytocoenoses. *Scientific Bulletin of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Forestry & Ornamental Horticulture Series*, 266, 26–38. <https://forestscience.com.ua/uk/journals/266-2017/myetodologiya-modyelyuvannya-ta-otsynyuvannya-vplyvu-zmini-klimatu-na-lisovi-fitotsyenozi-ukrayini> [Букша, І. Ф., Швиденко, А. З., Бондарук, М. А., Пивовар, Т. С., Букша, М. І., Пастернак, В. П., ... Краковська, С. В. (2017). Методологія моделювання та оцінювання впливу зміни клімату на лісові фітоценози. *Науковий вісник НУБіП України. Серія: Лісівництво та декоративне садівництво*, 266, 26–38.] (in Ukrainian)
- Buongiorno, J., & Gilles, J. (2003). *Decision methods for forest resource management*. Academic Press.

- Debryniuk, Iu. M. (2011). Drying-out of spruce forests: Causes and consequences. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University "Urbanization Processes in Mountain Landscapes and Ways of Their Regulation"*, 21(16), 32–38. https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2011/21_16/index.htm [Дебринюк, Ю. М. (2011). Всихання смерекових лісів: причини та наслідки. *Науковий вісник НЛТУ України «Процеси урбанізації в гірських ландшафтах та шляхи їх регулювання»*, 21(16), 32–38.] (in Ukrainian)
- Fabrika, M. (2003). Virtual forest stands as a component of forestry education systems. *Journal of Forest Science*, 49(9), 419–428. <https://www.agriculturejournals.cz/pdfs/jfs/2003/09/04.pdf>
- Fabrika, M., & Ďurský, J. (2005). Algorithms of thinning models for SIBYLA simulator. *Journal of Forest Science*, 51(10), 431–445. <https://jfs.agriculturejournals.cz/pdfs/jfs/2005/10/01.pdf>
- Fabrika, M., & Pretzsch, H. (2013). *Forest ecosystem analysis and modeling*. TU Zvolen.
- Haines-Young, R., & Potschin, M. (2012). *CICES V4.1: Common international classification of ecosystem services* (pp. 1–17). European Environment Agency. https://cices.eu/content/uploads/sites/8/2012/09/CICES-V4_Final_26092012.pdf
- Hanewinkel, M. (2001). Economic aspects of converting spruce monocultures. *Forest Ecology and Management*, 151, 181–193. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00707-6](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00707-6)
- Hanewinkel, M., & Pretzsch, H. (2000). Modelling conversion from even- to uneven-aged spruce stands. *Forest Ecology and Management*, 134, 55–70. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(99\)00245-5](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(99)00245-5)
- Kozak, I., & Parpan, V. (2009). *Ecological modeling using STELLA software*. Ivano-Frankivsk: Plai. [Козак, І., Парпан, В. (2009). *Екологічне моделювання із застосуванням програми STELLA*. Івано-Франківськ: Плай. 84 с.] (in Ukrainian)
- Kovalchuk, P. I. (2003). *Modelling and forecasting environmental conditions*. Kyiv: Lybid. [Ковальчук, П. І. (2003). *Моделювання і прогнозування стану навколишнього середовища*. Київ: Либідь.] (in Ukrainian)
- Krynytskyu, H. T., Cherniavskyy, M. V., Derbal, Y. Y., Delehan, I. V., Myklush, S. I., Parpan, V. I., ..., Jaloviar, P. (2014). Close-to-nature and multifunctional forest management in the Carpathian region of Ukraine and Slovakia. PE "Kolo". <https://www.forza.org.ua/uk/nablizhene-do-prirodi-ta-bagatofunkcionalne-vedennya-lisovogo-gospodarstva-v-karpatskomu-regioni> [Криницький, Г. Т., Чернявський, М. В., Дербаль, Ю. Ю., Делеган, І. В., Миклуш, С. І., Парпан, В. І., ... Яловіар, П. (2014). *Наближене до природи та багатofunkціональне ведення лісового господарства в Карпатському регіоні України та Словаччини*. Ужгород: ПП «Коло». 280 с.] (in Ukrainian)
- Lavnyu, V. V., & Shnitsler, H. (2014). Experience of conversion cuttings in secondary spruce stands in Germany. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 12, 73–78. <https://fasu.nltu.edu.ua/index.php/nplanu/article/view/138> [Лавний, В. В., Шніцлер, Г. (2014). Досвід проведення рубок переформування в Німеччині. *Наукові праці ЛАН України*, 12, 73–78.] (in Ukrainian)
- Lakyda, P. I., Domashovets, H. S., & Shvets, Yu. P. (2013). Simulation of regulatory information security assessment components phytomass stands Crimean pine and deposit their carbon. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*, 187(3), 147–153. <https://forestscience.com.ua/uk/journals/187-chastina-3-2013/modyelyuvannya-normativno-informatsiynogo-zabyezpyechyennya-otsinki-komponentiv-nadzemnoyi-fitomasi-dyeryevostaniv-sosni-krimskoyi-ta-dyeronovanogo-v-nikh-vuglyetsyu> [Лакида, П. І., Домашовець, Г. С., Швець, Ю. П. (2013). Моделювання надземної фітомаси сосни кримської. *Науковий вісник НУБіП України. Серія: Лісівництво та декоративне садівництво*, 187(3), 147–153.] (in Ukrainian)
- Merganycova, K., Pietsch, S. A., & Hasenauer, H. (2005). Testing mechanistic modelling for forest management. *Forest Ecology and Management*, 207, 37–57. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2004.10.017>
- Parpan, V. I., Shparyk, Yu. S., Slobodian, P. Ia., Parpan, T. V., Korzhov, V. L., Brodovych, R. I., ..., Cheban, I. D. (2014). Features of forestry in the spruce trees of the Ukrainian Carpathians. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 12, 20–28. <https://fasu.nltu.edu.ua/index.php/nplanu/issue/view/6> [Парпан, В. І., Шпарик, Ю. С., Слободян, П. Я., Парпан, Т. В., Коржов, В. Л., Бродович, Р. І., ... Чебан, І. Д. (2014). Особливості ведення лісового господарства в похідних ялиниках Українських Карпат. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 12, 20–28.] (in Ukrainian)
- Pelyukh, O. R. (2018). Economic and legal principles of converting secondary spruce stands. *Scientific Bulletin of Kherson State University*, 28, 36–41. <https://ejournal.kspu.edu/index.php/ej/article/view/22> [Пелюх, О. Р. (2018). Сутність та економіко-правові засади переформування похідних ялиників. *Науковий вісник Херсонсь-*

- кого державного університету, 28, 36–41.] (in Ukrainian)
- Pelyukh, O., Fabrika, M., Kucbel, S., Valent, P., & Zahvoyska, L. (2016a). Modelling conversion of spruce stands using SIBYLA: Ukrainian Carpathians case. In *COST FP1206 EuMIXFOR Final Conference* (p. 24). Prague, Czech Republic: Forestry and Game Management Research Institute. https://www.marco-mina.com/talk/prague_oct16/abstracts.pdf
- Pelyukh, O., Fabrika, M., Kucbel, S., Valent, P., & Zahvoyska, L. (2018). Modelling of secondary even-aged Norway spruce stand conversion using the tree growth simulator SIBYLA: SE “Rakhiv Forestry” case study. *Bulletin of the Transilvania University of Brasov, Series II, 11*(60), 29–46. webbut.unitbv.ro/index.php/Series_II/article/view/687
- Pelyukh, O., Fabrika, M., Zahvoyska, L., & Valent, P. (2016b). Simulation of biodiversity changes during conversion in the Carpathians (pp. 29–30). In *Forum Carpaticum*. Bucharest, Romania: University of Bucharest. www.uj.edu.pl/documents/155564840/158097349/FC2016_Abstract_Conference_book/d23e24ad-1421-41fd-800a-13351f490a4d
- Pretzsch, H., Biber, P., & Dursky, J. (2002). The SILVA tree-based simulator. *Forest Ecology and Management, 162*, 3–21. doi.org/10.1016/S0378-1127(02)00047-6
- Reid, W. V., Mooney, H. A., Cropper, A., Capistrano, D., Carpenter, S. R., ... Chopra, K. (2005). *Ecosystems and human well-being: Synthesis*. Island Press. <https://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf>
- Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences, 1*(1), 83–98. <https://doi.org/10.1504/IJSSCI.2008.017590>
- Schütz, J.-P. (2001). Opportunities and strategies of transforming regular forests to irregular forests. *Forest Ecology and Management, 151*, 87–94. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00699-X](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00699-X)
- Shparyk, Yu. S. (2016). *Sustainable forest management (Ukrainian Carpathians case)*. Ivano-Frankivsk: Territory of Printing. [Шпарик, Ю. С. (2016). *Стале управління лісами (на прикладі Українських Карпат)*. Івано-Франківськ: Територія друку.] (in Ukrainian)
- Shparyk, Yu. S., & Lesnik, V. V. (2006). Proposals for the regional programme of spruce stand conversion. *Forestry of Ukraine, 45–46*. [Шпарик, Ю. С., Леснік, В. В. (2006). Пропозиції до регіональної програми переформування смеречників. *Лісівництво України, 45–46*.] (in Ukrainian)
- Zahvoyska, L. D., & Pelyukh, O. R. (2016a). DPSIR model of interaction between social and ecological systems: Spruce decline in the Ukrainian Carpathians. *Odesa National University Herald, 8*(50), 82–89. [Загвойська, Л. Д., Пелюх, О. Р. (2016a). DPSIR-модель взаємодії соціальної та екологічної систем: феномен всихання ялинових деревостанів в Українських Карпатах. *Вісник ОНУ ім. І. І. Мечникова, 8*(50), 82–89.] (in Ukrainian)
- Zahvoyska, L. D., & Pelyukh, O. R. (2015). Tools for forest ecosystem modelling. *Bulletin of Lviv University. Economics Series, 52*, 46–52. <https://publications.lnu.edu.ua/bulletins/index.php/economics/article/view/5775> [Загвойська, Л. Д., Пелюх, О. Р. (2015). Інструментарій моделювання лісових екосистем. *Вісник Львівського університету. Серія економіка, 52*, 46–52.] (in Ukrainian)
- Zahvoyska, L. D., & Pelyukh, O. R. (2016b). Modelling the conversion of secondary spruce stands using the SIBYLA growth simulator. In *1st National Scientific-Methodical Conference “Economic-Mathematical Modelling”*. Kyiv: KNEU. <https://ir.kneu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/bb41614e-9e5a-453e-bf23-217b658376d5/content> [Загвойська, Л. Д., Пелюх, О. Р. (2016b). Моделювання процесу переформування похідних ялиників з використанням симулятора росту SIBYLA. У: *Перша національна науково-методична конференція «Економіко-математичне моделювання»*. Київ: КНЕУ.] (in Ukrainian)

Multicriteria optimization of forest management scenarios in the Ukrainian Carpathians within a discourse of ecosystem services paradigm

O. Pelyukh¹, L. Zahvoyska²

Under the present conditions of a global and dynamic polycrisis and the growing public demand for the multifunctional role of forests and forest ecosystem services, traditional approaches to forest management have proven inadequate, especially in the Ukrainian Carpathians. There, the spread of monocultural spruce plantations, established to maximize timber volume, has resulted in diminished stand stability. This issue is especially acute in the Ukrainian Carpathians, where such monocultures have led to significant losses in resilience, productivity, and biodiversity. These even-aged stands are considerably more vulnerable to adverse factors – including pests, diseases, and windthrows – compared to natural mixed or beech forests. Conventional forest management practices therefore require adaptation to new conditions to reconcile the conflicting needs of diverse stakeholders. The purpose of this article is to develop possible scenarios for conversion of such plantations and to determine the optimal one, taking into account the mutually exclusive or contradictory needs of stakeholders to ensure balanced forest use in the long term. Based on a literature review of the challenges of spruce stands conversion, 56 scenarios were proposed. Modeling the conversion measures using the SIBYLA growth simulator showed that only four scenarios could achieve the set criteria. The Analytic Hierarchy Process was applied to compare

these scenarios based on four criteria: forestry, environmental, economic and social. According to expert assessments, the most important optimization criteria were economic (46.7%) and forestry (27.7%). The optimal scenario best satisfied all applied criteria and had a rating of 28.8%. This scenario promotes the formation of a target, close-to-nature, uneven-aged mixed stand through natural regeneration, which increases the stands biodiversity, biological stability and productivity. The proposed approaches and quantitative assessments of ecosystem services obtained will serve as an informational basis for a holistic analysis of the ecological and economic efficiency of forestry measures. It is important to note that the simulation did not account for future climate change, natural disasters or illegal logging during the conversion period and non-market ecosystem services. Therefore, the results of multicriteria optimisation of the conversion process should be interpreted with caution and cannot be directly extrapolated to other forest areas, as specific site conditions, forest type, and age are critical for designing appropriate conversion scenarios.

Key words: simulation; hierarchy analysis method; criteria; optimization; management decision-making; tourist and recreational potential of forests.

¹*Oksana Pelyukh* – PhD, senior lecturer of the Department of Economics, Tourism and Recreation. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka St., Lviv, 79057, Ukraine. E-mail: pelyukh.o@nltu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1889-3623>

²*Lyudmyla Zahvoyska* – Corresponding Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, PhD, professor, Department of Economics, Tourism and Recreation. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka St., Lviv, 79057, Ukraine. E-mail: lyudmyla.zahvoyska@nltu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0028-4723>

6. ДЕРЕВООБРОБНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ЛІСОВА ІНЖЕНЕРІЯ



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

<http://fasu.nltu.edu.ua>
<https://doi.org/10.36930/412536>
Article received 2025.03.11
Article revised 2025.09.24
Article accepted 2025.10.23
Article published 2026.03.17

ISSN 1991-606X print
ISSN 2616-5015 online
@ ✉ Correspondence author
Pavlo Bekhta
bekhta@ukr.net
103 General Chuprynka St.,
Lviv, 79057, Ukraine

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 (CC BY 4.0) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)



УДК 674-419.32

Фізичні властивості легких стружкових плит із частковою та повною заміною деревини кострицею конопель

П.А. Бехта¹, Р.І. Рябишев²

Зростаючий попит на деревинні плити для будівельної та меблевої галузей, а також посилення глобальної стурбованості щодо зменшення антропогенного тиску на лісові ресурси зумовлюють необхідність пошуку альтернативних видів сировини для їх виробництва. Сільське господарство може забезпечувати сировину не лише з недеревних рослин, але й із численних відходів та побічних продуктів. Метою роботи було з'ясувати вплив часткової чи повної заміни деревної стружки кострицею коноплі на фізичні властивості стружкових плит.

Виготовляли тришарові стружкові плити щільністю 350, 450 і 550 кг/м³ з різними об'ємними пропорціями частинок деревини та костриці коноплі у внутрішньому шарі (100:0, 75:25, 50:50, 25:75, 0:100%), тоді як зовнішні шари складалися лише з деревних частинок. Плити, виготовлені повністю з деревинної стружки, використовували як еталонні. Для склеювання частинок застосовували карбамідоформальдегідний (КФ) клей. Досліджували насипну щільність частинок, набрякання за товщиною і водопоглинання плит.

Костриця конопель має нижчу насипну щільність порівняно з деревинною стружкою, а її частинки відзначаються меншими розмірами, ніж деревинні. Дисперсійний аналіз (ANOVA) показав, що щільність плит і вміст костриці коноплі у внутрішньому шарі сут-

¹ Бехта Павло Антонович – академік Лісівничої академії наук України, доктор технічних наук, професор кафедри технологій деревинних композиційних матеріалів, целюлози та паперу. Національний лісотехнічний університет України, вул. генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. E-mail: bekhta@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4320-5247>

² Рябишев Роман Ілліч – аспірант кафедри технологій деревинних композиційних матеріалів, целюлози та паперу. Національний лісотехнічний університет України, вул. генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. E-mail: riabyshev.roman@nltu.lviv.ua ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-6391-008X>

тево впливають на набрякання за товщиною і водопоглинання. Часткова заміна деревинної стружки кострицею коноплі покращує фізичні властивості плит: збільшення щільності зменшує водопоглинання та збільшує набрякання, а збільшення вмісту костриці коноплі у внутрішньому шарі зменшує набрякання за товщиною і водопоглинання.

Отже, використання костриці коноплі дає змогу частково замінити деревину у виробництві стружкових плит, що сприяє зниженню потреби в лісових ресурсах, скороченню собівартості, підвищенню екологічної стійкості легких плит та ефективному використанню сільськогосподарських відходів.

Ключові слова: деревинні композиційні матеріали; агровідходи; деревинна стружка; насипна щільність; набрякання за товщиною; водопоглинання.

Вступ (Introduction).

Світове виробництво деревинних матеріалів впродовж останніх десятиліть стабільно зростає. Серед широкого спектра деревних плит особливе місце займають стружкові плити (СП), які у 2023 р. складали близько 53% від загального виробництва деревних плит у країнах Європейської федерації виробників деревних плит (European Panel Federation, 2025). Водночас збільшення вирубки лісів призводить до обмеженої доступності деревини, підвищення її вартості та загострення конкуренції за сировину (Mantau, 2010; Mantau, 2012). Це стимулює пошук альтернативних джерел сировини для часткової або повної заміни деревини у виробництві деревинних композиційних матеріалів (Neitzel et al., 2022; Bresnahan, 2022).

Щільність традиційних СП зазвичай становить 600–750 кг/м³ (Suchsland, & Woodson, 1986). Згідно зі стандартом CEN/TS 16368 (2014), легкими вважають плити зі щільністю менше ніж 600 кг/м³. Легкі СП мають низку переваг для виробників, дизайнерів і кінцевих користувачів порівняно зі стандартними плитами. Їх використання розширює можливості інтер'єрного проектування (застосування масивніших елементів, зниження навантаження під час монтажу), спрощує монтаж і оброблення, полегшує транспортування та механічне оброблення, а також дозволяє зменшити витрати на перевезення та сировину (Bekhta et al., 2022; Michanickl, 2006). Вага матеріалу є третім за значущістю критерієм для споживачів під час вибору меблів – після дизайну та вартості (Khojasteh-Khosro, Shalbafan, & Thoemen, 2020).

Одним із важливих підходів до зниження щільності деревних плит є використання сировини з однорічних та багаторічних рослин (Balducci et al., 2008; Meinschmidt et al., 2008), а також поєднання деревини з волокнистими рослинними матеріалами сільськогосподарського походження (Dziurka, & Mirski, 2013; Meinschmidt et al.,

2008; Mirski, Banaszak, & Bekhta, 2021). Застосування аграрних залишків не лише сприяє збереженню довкілля, але й допомагає вирішувати соціально-економічні проблеми, оскільки такі відходи зазвичай закладаються у ґрунт або спалюються (Papadopoulos, Kyzas, & Mitropoulos, 2019; Sun et al., 2013). Як поновлюваний біоресурс, агровідходи мають значний потенціал як альтернатива традиційним деревним матеріалам у виробництві стружкових плит.

Одним із напрямів зниження витрат деревини у СП є використання сільськогосподарських відходів та однорічних рослин. Протягом останніх десятиліть дослідники вивчали широкий спектр таких матеріалів, зокрема пшеничну та ріпакову соломку (Bekhta, Korkut, & Hiziroglu, 2013; Dziurka & Mirski, 2013), рисову соломку (Hussein et al., 2019), стебла бавовнику (Guler, & Ozen, 2004), кострицю конопель та льону (Auriga et al., 2022; Réh, & Vrtielka, 2013; Sam-Brew, & Smith, 2017; Zvirgzds et al., 2022), чайне листя (Yalinkilic et al., 1998), стебла очерету (Kord, Roohani, & Kord, 2015), обрізки виноградної лози (Yeniocak et al., 2014), гілки фінікової пальми (Ghofrani, Ashori, & Mehrabi, 2017), сіно (Pipiska et al., 2023) та стебла соняшнику (Khristova, Yossifov, & Gabir, 1996).

Особливу увагу привертають коноплі звичайні або посівні (*Cannabis sativa* L.), які є швидкозростаючою та відновлюваною сировиною (рис. 1). Урожай з одного акра конопель забезпечує таку ж кількість целюлози, як і чотири акри деревних насаджень, і дозріває всього за 100 днів (Moulana, 2012; Anders Norén, 2025). Після первинної переробки рослини отримують 30% волокон і 70% костриці, відходи механічної обробки стебел, які можуть бути використані у виробництві СП без додаткового подрібнення. На відміну від інших агровідходів, костриця конопель має відносно однорідний розмір часток і низький вміст лігніну, що забезпечує рівномірне склеювання та підвищену стабільність розмірів плит.



Рис. 1. Посіви технічної коноплі (Джерело фото: Latifundist.com)

Fig. 1. Industrial hemp crops (Photo source: Latifundist.com)

Дослідження показують, що конопляна стружка та костриця технічно придатні для виготовлення СП (Auriga et al., 2022; Réh, & Vrtielka, 2013; Sam-Brew, & Smith, 2017; Zvirgzds et al., 2022; Mehmet, 2025). Так, Auriga et al. (2022) встановили, що додавання 10–25% конопляної стружки практично не змінює MOR, MOE та внутрішній зв'язок плит, але для плит із вмістом 25% конопляної стружки було зафіксовано зменшення набрякання за товщиною порівняно з плитами, виготовленими виключно з деревних частинок. Réh, & Vrtielka (2013) показали, що часткова заміна деревини кострицею у середньому шарі дає змогу отримати плити зі збереженням фізико-механічних властивостей на рівні стандартних СП. Sam-Brew, & Smith (2017) виявили, що геометрія частинок конопель і лляної костри підвищує характеристики згинання та стабільність розмірів, хоча збільшує набрякання за товщиною та водопоглинання. Zvirgzds et al. (2022) продемонстрували можливість використання костриці для виготовлення плит малої щільності ($300 \pm 30 \text{ кг/м}^3$) як теплоізоляційного матеріалу. Mehmet (2025) показав, що додавання 10–30% конопель до середнього шару плити щільністю 580 кг/м^3 покращує механічні властивості та знижує вміст вільного формальдегіду, але збільшує водопоглинання і набрякання за товщиною.

Незважаючи на численні дослідження використання конопель у СП, більшість з них зосереджена на плитах щільністю понад 500 кг/м^3 . Інформація про технології виготовлення легких СП із застосуванням костриці коноплі залишається

обмеженою, особливо щодо оптимізації співвідношення деревної стружки і костриці, впливу на фізичні властивості та взаємодію з карбамідоформальдегідною смолою. Таким чином, наукова новизна нашого дослідження полягає у комплексному вивченні технологічної доцільності виготовлення легких СП щільністю $350\text{--}550 \text{ кг/м}^3$ із частковою або повною заміною деревної стружки кострицею коноплі, а також аналізі їхніх фізичних властивостей порівняно з чинними стандартами і даними літератури.

Мета роботи полягає у з'ясуванні впливу часткової чи повної заміни деревної стружки кострицею коноплі на фізичні властивості стружкових плит.

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

Об'єкт дослідження – процес виготовлення легких стружкових плит із використанням костриці коноплі. Предмет дослідження – фізичні властивості легких стружкових плит, виготовлених із застосуванням костриці коноплі.

Частинки деревини хвойних (75%) та листяних (25%) порід (походження: Українські Карпати, Івано-Франківська область, Україна), отримані у процесі промислового виробництва на заводі з виготовлення стружкових плит, мали початкову вологість близько 8%. Кострицю коноплі було надано підприємством «Calipso» (Чернігівська область, Україна). Фракційний склад і морфологічні характеристики частинок деревини й костриці коноплі, використаних для формування зовнішніх і внутрішніх шарів плит, наведено в табл. 1 та на рис. 2.

Таблиця 1. Фракційний склад (у %) деревинної стружки та костриці конопель
Table 1. Fractional composition (in %) of wood chips and hemp shives

Розмір отворів сита, мм	Зовнішній шар, деревинна стружка, %	Внутрішній шар, деревинна стружка, %	Внутрішній шар, костриця коноплі, %
5,0	–	4,57	2,84
4,0	–	16,90	8,47
2,0	–	25,25	23,33
1,0	3,24	27,98	32,11

Продовження таблиці 1

Розмір отворів сита, мм	Зовнішній шар, деревинна стружка, %	Внутрішній шар, деревинна стружка, %	Внутрішній шар, костриця коноплі, %
0,63	6,69	16,87	24,52
0,50	9,24	—	—
0,40	12,39	—	—
0,315	25,96	3,77	6,42
0,20	23,40	—	—
Пил	19,08	1,39	2,31
Разом	100	100	100



Рис. 2. Частинки використовувані для виготовлення плит: деревинна стружка для зовнішніх (а) і внутрішнього шарів (б); частинки костриці конопель для внутрішнього шару (с)

Fig. 2. Particles used for production of particleboards: wood chips for outer (a) and core layers (b); hemp shives particles for core layer (c)

Частинки деревини та костриці коноплі висушували в лабораторній сушарці до вологості приблизно 3% за температури 90°C. Для виготовлення плит застосовували карбамідоформальдегідну (КФ) смолу марки А (виробник: Swiss Kropan Sp. z o.o., м. Жари, Польща), парафінову емульсію, карбамід (43%-ий розчин) та сульфат амонію $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$ (33%-ий розчин). КФ-смола характеризувалася такими параметрами: густина – 1,28 г/см³, масова частка сухого залишку – 66%, в'язкість за віскозиметром Форда (4 мм, 20°C) – 98 с, рН – 8,05, час гелеутворення – 50 с.

Насипну щільність частинок визначали шляхом вимірювання їхньої маси та насипного об'єму. Спочатку визначали об'єм скляної посудини, в якій проводили дослідження частинок. Для цього скляну посудину встановлювали на ваги, зважували з точністю до 0,01 г і заповнювали водою до верху при кімнатній температурі. Надлишкову поверхневу плівку води, що

утворилася на краях посудини, видаляли скляною паличкою. Посудину з водою зважували. Об'єм посудини (V , м³) обчислювали за формулою:

$$V = \frac{m_1 - m_0}{\rho_w} \cdot 10^{-3}, \quad (1)$$

де m_0 = маса порожньої посудини, г; m_1 = маса посудини з водою, г; ρ_w = густина води, кг/м³.

Насипну щільність і масу частинок визначали шляхом заповнення скляної посудини відомого об'єму частинками. Посудину зважували та заповнювали частинками до верху. Надлишкові частинки видаляли, проводячи скляною паличкою вздовж країв посудини. Посудину з частинками зважували.

Насипну щільність частинок за заданої вологості (ρ_{pw} , кг/м³) обчислювали за формулою:

$$\rho_{pw} = \frac{m_2 - m_0}{V} \cdot 10^{-3}, \quad (2)$$

де m_2 = маса посудини з частинками, г.

Насипну щільність абсолютно сухих частинок (ρ_p , кг/м³) обчислювали за формулою:

$$\rho_p = \frac{100 \cdot \rho_{pw}}{100 + W}, \quad (3)$$

де W = вологість частинок, %.

Тришарові плити розміром 290 × 290 × 16 мм (довжина × ширина × товщина) та щільністю 350, 450 і 550 кг/м³ виготовляли в лабораторних умовах. Зовнішні шари плит формували виключно з деревних частинок. Частинки костриці ко-

ноплі не використовували для зовнішніх шарів з огляду на наявність волокнистих елементів стебла, що можуть спричинювати нерівномірність твердості поверхні та ускладнювати процес ламінування. У зв'язку з цим кострицю коноплі вводили лише до середнього шару. Об'ємні співвідношення деревних частинок і частинок костриці коноплі у середньому шарі становили 100 : 0, 75 : 25, 50 : 50, 25 : 75 і 0 : 100% (табл. 2). Співвідношення маси (зовнішні шари : середній шар) було однаковим для всіх зразків і становило 33 : 67%.

Таблиця 2. Варіанти виготовлених плит
Table 2. Variants of manufactured boards

Варіант	Щільність плит (кг/м ³)	Частка частинок в середньому шарі (%)	
		деревина	костриця коноплі
A0	350	100	0
A25		75	25
A50		50	50
A75		25	75
A100		0	100
B0	450	100	0
B25		75	25
B50		50	50
B75		25	75
B100		0	100
C0	550	100	0
C25		75	25
C50		50	50
C75		25	75
C100		0	100

Примітка. Зовнішні шари на 100% складаються з деревних частинок

Кількість КФ-смоли, карбаміду, затверджувача та парафінової емульсії, необхідних для змішування, відрізнялася для середнього та зовнішніх шарів. Це передусім зумовлено різницею температур між поверхневими та внутрішніми шарами плити, спричиненою теплообміном від її поверхні до центру. Додатково варіювання кількості смоли та добавок пояснюється відмінностями у питомій поверхні частинок, що формують внутрішній і зовнішні шари. Вміст КФ-смоли становив 14% та 9% від маси сухих частинок у зовнішніх і внутрішньому шарах відповідно. Під час змішування до смоли додавали 2,3% і 0,5% розчину карбаміду та 0,2% і 0,6% розчину сульфату амонію, виходячи з маси сухих частинок для зовнішніх і внутрішнього шарів відповідно. Крім того, до смоли вносили 0,8% парафінової емульсії. Клейову композицію наносили на частинки, після чого суміш перемішували вручну. Обсмолені частинки рівномірно розподіляли у прямокутній дерев'яній формі, що слугувала основою для формування килима. Сформований стружковий килим ущіль-

нювали вручну в цій формі, після чого його піддавали гарячому пресуванню на автоматизованому гідравлічному лабораторному пресі за тиску 2,5 МПа, температури 190°C і тривалості пресування 0,37 хв/мм. Упродовж останніх 30 с циклу тиск поступово зменшували до 0 МПа.

Після пресування плити охолоджували на повітрі до досягнення ними кімнатної температури. Перед проведенням випробувань плити кондиціювали впродовж одного тижня у приміщенні з відносною вологістю 65 ± 5% та температурою 20°C. Для кожного типу плит виготовляли по три зразки, усього 45 плит. Після кондиціювання плити розрізали до необхідних розмірів згідно з вимогами відповідних стандартів.

Вплив вмісту частинок костриці коноплі на WA та TS плит визначали на зразках розміром 50 × 50 мм відповідно до EN 317 (1993) шляхом занурення зразків для випробування, орієнтованих вертикально, у воду кімнатної температури на 2 та 24 години. Після кожного періоду занурення зразки для випробування зливали з

надлишку води та вимірювали зміну товщини і кількість поглиненої води.

За результатами випробувань проведено статистичний аналіз отриманих експериментальних даних з використанням програми Statistica 14 (StatSoft Inc., USA).

Результати (Results).

Ситовий аналіз (див. табл. 1) дав змогу визначити розподіл розмірних фракцій костриці коноплі та деревинних частинок. Для деревинних частинок внутрішнього шару найбільша частка спостерігалася на ситах із розмірами отворів 1 мм та 2 мм – 27,98 і 25,25% відповідно. На ситах 0,315 і 0,63 мм частка становила 3,77 та 16,87%. Найдрібніші фракції у вигляді пилу були зібрані на дні вібраційного сита і становили 1,39%. Для частинок костриці коноплі ситовий аналіз показав найбільшу представленість на ситі 1 мм – 32,11%. Значну частку також зафіксовано на ситах 0,63 мм (24,52%) та 2 мм (23,33%). Менші кількості виявлено на ситі 5 мм (2,84%), дещо більшу – на ситі 0,315 мм (6,42%), а най-

дрібніші залишки у вигляді пилу становили 2,31%.

Дослідження показало, що насипна щільність костриці конопель для внутрішнього шару є майже вдвічі нижчою порівняно з деревною стружкою, яку застосовано у зовнішніх шарах (табл. 3), та приблизно на 36% нижчою для внутрішнього шару. Для виробників плит це означає, що для досягнення тієї ж товщини плити необхідно використовувати більший об'єм костриці конопель, ніж деревної стружки. Низька насипна щільність костриці призводить до більшого числа частинок у тому ж об'ємі, що зменшує кількість пустот, збільшує площу контакту між частинками та зменшує доступну поверхню для адсорбції молекул води. Відповідно, часткова заміна деревної стружки кострицею конопель може зменшувати водопоглинання (WA) плит. Крім того, така заміна може покращувати ефективність теплопередачі до середнього шару під час пресування порівняно з використанням традиційної деревної стружки.

Таблиця 3. Значення насипної щільності костриці конопель і деревної стружки
Table 3. Bulk density values for hemp shives and wood chips

Сировина	Насипна щільність (кг/м ³)
Деревна стружка для зовнішніх шарів	166,9
Деревна стружка для внутрішнього шару	135,1
Костриця коноплі для внутрішнього шару	86,3

Встановлено закономірності впливу щільності плит та вмісту костриці технічної коноплі у середньому шарі на фізичні властивості легких стружкових плит. Дисперсійний аналіз (ANOVA) показав, що як щільність плит, так і вміст костриці коноплі у внутрішньому шарі суттєво впливають на водопоглинання (WA) та набрякання за товщиною (TS) (табл. 4). При цьому щільність стружкових плит має більший

вплив на обидва показники, ніж вміст костриці коноплі. До того ж, додавання костриці коноплі не впливає суттєво на щільність плит (рис. 3). Різниця у щільності виготовлених стружкових плит, порівняно з передбачуваною щільністю (350, 450 і 550 кг/м³), не перевищувала 5%. Окрім того, різниця в щільності плит, виготовлених в окремих варіантах, не була статистично значущою.

Таблиця 4. Вплив змінних факторів на фізичні властивості плит
Table 4. The influence of variable factors on the physical properties of boards

№	Залежні змінні	Факторні взаємодії	Значення F-статистики	Значущість (P)
1	Водопоглинання	Щільність плит	4211,22	0.000**
		Вміст костриці	114,54	0.000**
		Щільність плит × Вміст костриці	11,52	0.000**
2	Набрякання за товщиною	Щільність плит	3032,22	0.000**
		Вміст костриці	123,46	0.000**
		Щільність плит × Вміст костриці	6,39	0.000**

Примітка. Значення $p < 0,05$ позначено як статистично значущі (**)

Дискусія (Discussion).

Додавання костриці коноплі у середній шар стружкових плит позитивно вплинуло на їх водопоглинання та набрякання за товщиною (рис. 4, 5). Загалом спостережено, що зі збільшенням цільової щільності плит значення WA після 2 та 24 годин занурення зменшуються, і ця тенденція характерна для всіх типів досліджуваних плит. Так, у плитах

C100, що містять 100% костриці коноплі і мають щільність 550 кг/м³, WA через 2 та 24 години була на 33,3% та 44% нижчою порівняно з плитами A100 щільністю 350 кг/м³. Це пояснюється тим, що вода вільніше проникає у структуру плит з низькою щільністю та великою кількістю пор, тоді як у менш пористих плитах з високою щільністю дифузія води ускладнена.

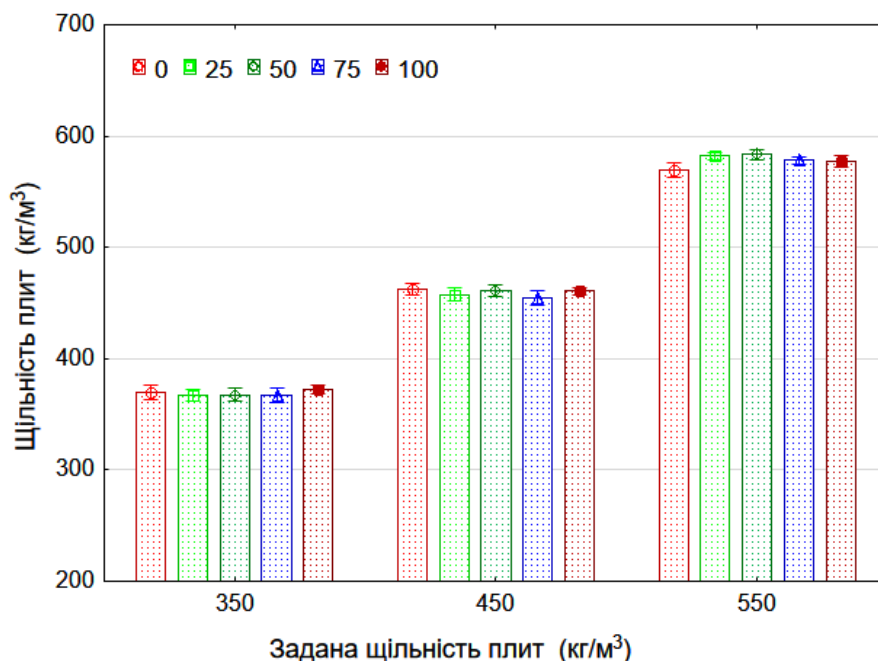


Рис. 3. Фактична щільність СП залежно від заданої щільності плит і вмісту костриці конопель
Fig. 3. Actual board density depending on the target density of boards and hemp shives content

Зі збільшенням вмісту костриці коноплі в середньому шарі стружкових плит WA зменшується як через 2, так і через 24 години занурення. Для плит A100, B100 і C100 з цільовою щільністю 350, 450 та 550 кг/м³ відповідно, WA

була нижчою порівняно з плитами A0, B0 та C0 тієї ж щільності, виготовленими виключно з деревної стружки. Зокрема, у плитах C100 зі 100% костриці коноплі WA через 2 та 24 години була на 6,7% та 9,1% нижчою, ніж у плитах C0.

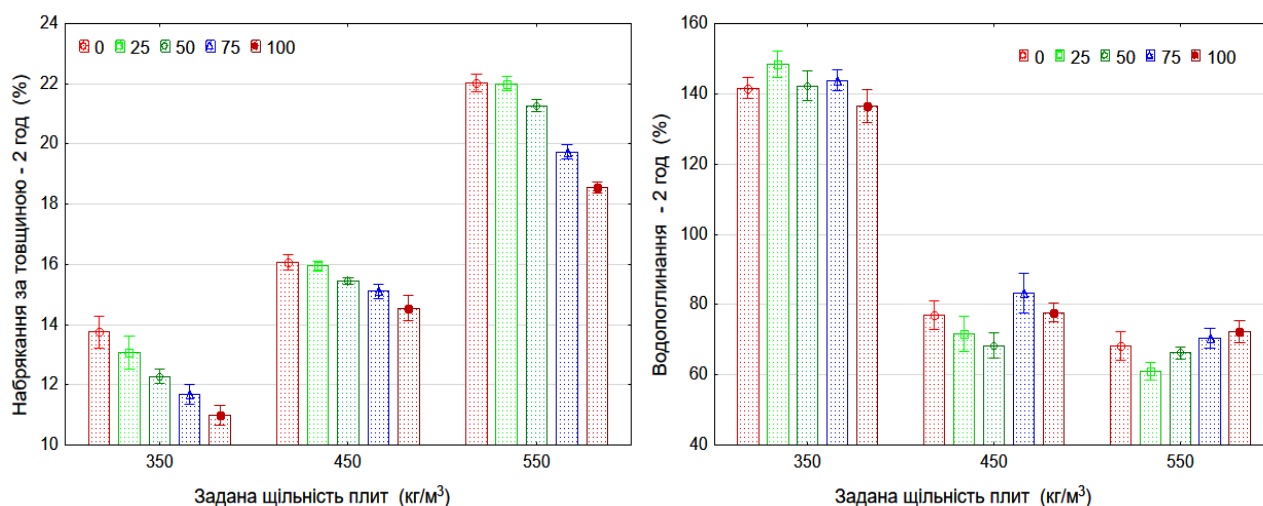


Рис. 4. Набрякання (2 год) і водопоглинання (2 год) плит залежно від щільності плит і вмісту костриці конопель
Fig. 4. Thickness swelling (2h) and water absorption (2h) of boards depending on target density of boards and hemp shives content

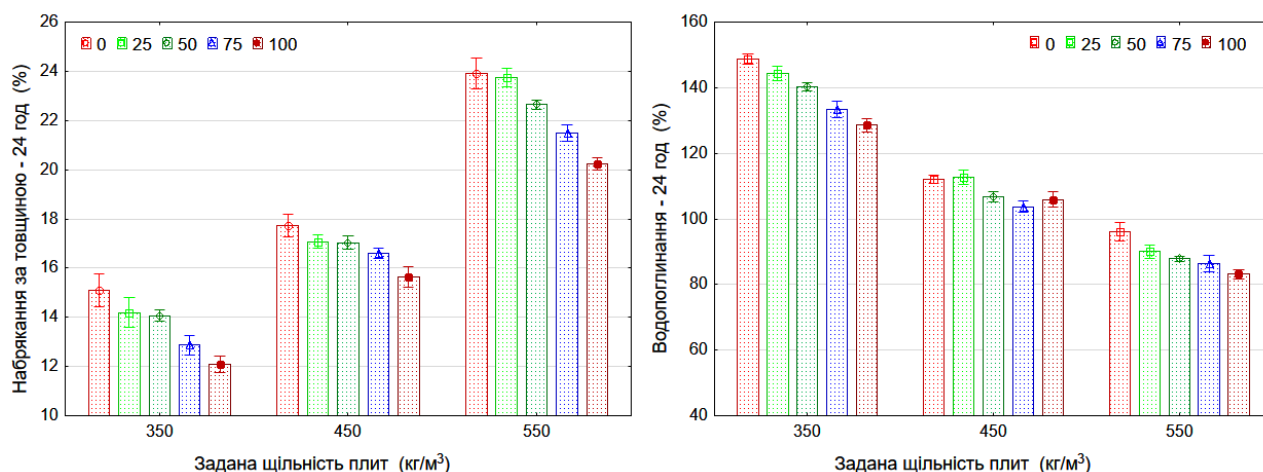


Рис. 5. Набрякання (24 год) і водопоглинання (24 год) плит залежно від щільності плит і вмісту костриці конопель

Fig. 5. Thickness swelling (24h) and water absorption (24h) of boards depending on target density of boards and hemp shives content

Позитивний вплив костриці коноплі на WA пояснюється більш компактною структурою середнього шару та меншою насипною щільністю частинок порівняно з деревною стружкою. Менша кількість порождин між частинками перешкоджає проникненню води всередину плити, що знижує її водопоглинання.

Набрякання за товщиною корелює з кількістю поглиненої маси води. Вміст костриці коноплі у внутрішньому шарі також позитивно впливав на набрякання за товщиною (TS) плит. Так, TS через 2 та 24 години для плит A100, B100 та C100 з цільовою щільністю 350, 450 та 550 кг/м³ відповідно, виготовлених із 100% костриці коноплі у середньому шарі, були нижчими порівняно з плитами A0, B0 та C0 тієї ж щільності, виготовленими з деревної стружки. Зокрема, для плит щільністю 550 кг/м³ TS через 2 та 24 години замочування у воді було на 4,4% та 3,3% нижче, ніж у плитах із 100% деревини.

З іншого боку, значення TS збільшувалися зі зростанням щільності плит. Плити з щільністю 550 кг/м³, що містили 100% костриці коноплі у середньому шарі, показали на 54,4% та 71,4% вищі TS після 2 і 24 годин занурення у воду відповідно, ніж плити щільністю 350 кг/м³. Пояснення полягає в тому, що руйнування клейових з'єднань під дією води призводить до деформацій структури плити. Після пресування у частинках виникають зворотні деформації, які більші у плитах з високою щільністю.

Аналогічні тенденції зміни водопоглинання та набрякання за товщиною плит із додаванням костриці коноплі відзначали й інші дослідники. Auriga et al. (2022) виготовляли сім варіантів стружкових плит щільністю 650 кг/м³ із заміною 10 та 25% конопляної стружки в різних шарах. Автори встановили, що після замочування у воді

впродовж 2 та 24 годин значення набрякання за товщиною (TS) знижувалося для плит із 25% часткою костриці коноплі порівняно з плитами, повністю виготовленими з промислових деревних частинок. Найбільше зниження показника TS спостережено у плит з додаванням костриці у внутрішній шар або одночасно у зовнішні та внутрішній шари. Цікаво, що частка костриці коноплі в межах 10–25% не впливала на водопоглинання плит, незалежно від варіанта їх конструкції. Так, досліджуючи застосування костриці коноплі у виробництві стружкових плит для будівельної галузі Zvirgzds et al. (2022) встановили, що менші частинки костриці набрякали на 20% більше, ніж частинки більшого розміру. Довговічність плитних матеріалів, за їхніми даними, можна підвищити за рахунок використання більших фракцій костриці, а також завдяки додатковому обробленню – нанесенню водного покриття перед пресуванням плит. Крім того, набрякання за товщиною після 24 годин замочування зменшувалося на 30–40% у зразків, виготовлених із більших частинок костриці та попередньо оброблених водним покриттям, порівняно з необробленими зразками такого самого розміру частинок і щільності.

Висновки (Conclusions).

Експериментальні дослідження дали змогу оцінити вплив часткової заміни деревинної стружки кострицею коноплі на фізичні властивості легких стружкових плит різної щільності та зробити такі висновки

1. Використання костриці коноплі доцільне для виготовлення легких СП щільністю 450–550 кг/м³. Насипна щільність частинок костриці коноплі майже вдвічі нижча за щільність деревної стружки у зовнішніх шарах і на 36% менша, ніж

насипна щільність стружки середнього шару. До того ж, частинки костриці конопель відзначаються меншими розмірами, ніж деревинні частинки.

2. Плити з внутрішнім шаром зі 100% костриці коноплі мали нижчі значення водопоглинання (WA) та набрякання за товщиною (TS) порівняно з плитами, виготовленими повністю з деревної стружки.

3. Дисперсійний аналіз (ANOVA) підтвердив, що щільність плит і вміст костриці коноплі у внутрішньому шарі суттєво впливають на WA та TS.

4. Костриця коноплі, яку раніше розглядали лише як аграрний відхід, може ефективно використовуватись у виробництві легких стружкових плит, що знижує навантаження на лісові ресурси та сприяє створенню екологічно безпечних матеріалів для внутрішнього використання.

Список літератури (References)

- Auriga, R., Pędzik, M., Mrozowski, R., & Rogoziński, T. (2022). Hemp shives as a raw material for the production of particleboards. *Polymers*, 14(23), 5308. <https://doi.org/10.3390/polym14235308>
- Balducci, F., Harper, C., Meinschmidt, P., Dix, B., & Sanasi, A. (2008). Development and innovation in particleboard panels. *Drvna Industrija*, 59(3), 131–136.
- Bekhta, P., Kozak, R., Sedliačik, J., Gryc, V., Sebera, V., Bajzová, L., & Iždinský, J. (2022). Selected properties of veneered lightweight particleboards with expanded polystyrene. *Materials*, 15(18), 6474. <https://doi.org/10.3390/ma15186474>
- Bekhta, P., Korkut, S., & Hiziroglu, S. (2013). Effect of pretreatment of raw material on properties of particleboard panels made from wheat straw. *BioResources*, 8(3), 4766–4774.
- Bresnahan, S. (2022, December 12). Why are trees important to the ocean? *WellKind Guatemala NGO*. <https://www.wellkind.org/blog/ym63d9rbtfq2syoc1gibpl3w4sh9qm>
- European Committee for Standardization. (2014). *Lightweight particleboards—Specifications* (CEN/TS 16368:2014). <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/cen/61fdee12-7971-4c50-ba8d-4be0bfb3b5f1/cen-ts-16368-2014>
- Dziurka, D., & Mirski, R. (2013). Lightweight boards from wood and rape straw particles. *Drewno*, 56(190), 19–31. <https://doi.org/10.12841/wood.1644-3985.051.02>
- European Committee for Standardization. (1993). *Particleboards and fibreboards—Determination of swelling in thickness after immersion in water* (EN 317:1993). Brussels, Belgium: CEN. ru.scribd.com/document/736512184/317-1993-BS-EN
- European Panel Federation. (2025). Types of wood-based panels and their economic impact. <https://europanel.org/the-wood-based-panel-industry/types-of-wood-based-panels-economic-impact/>
- Ghofrani, M., Ashori, A., & Mehrabi, R. (2017). Mechanical and acoustical properties of particleboards made with date palm branches and vermiculite. *Polymer Testing*, 60, 153–159. doi.org/10.1016/j.polymeresting.2017.03.028
- Guler, C., & Ozen, R. (2004). Some properties of particleboards made from cotton stalks (*Gossypium hirsutum* L.). *Holz als Roh- und Werkstoff*, 62, 40–43. <https://doi.org/10.1007/s00107-003-0439-9>
- Hussein, Z., Ashour, T., Khalil, M., Bahnasawy, A., Ali, S., Hollands, J., & Korjenic, A. (2019). Rice straw and flax fiber particleboards as a product of agricultural waste: Evaluation of technical properties. *Applied Sciences*, 9(18), 3878. <https://doi.org/10.3390/app9183878>
- Khojasteh-Khosro, S., Shalbafan, A., & Thoemen, H. (2020). Preferences of furniture manufacturers for using lightweight wood-based panels as eco-friendly products. *European Journal of Wood and Wood Products*, 78, 593–603. <https://doi.org/10.1007/s00107-020-01519-8>
- Khrystova, P., Yossifov, N., & Gabir, S. (1996). Particle board from sunflower stalks: Preliminary trials. *Bioresource Technology*, 58(3), 319–321. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(96\)00112-5](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(96)00112-5)
- Kord, B., Roohani, M., & Kord, B. (2015). Characterization and utilization of reed stem as a lignocellulosic residue for particleboard production. *Maderas. Ciencia y Tecnología*, 17, 517–524. <https://doi.org/10.4067/S0718-221X2015005000046>
- Mantau, U. (2010). Is there enough wood for Europe? In *EUwood—Final report* (pp. 19–34). Hamburg, Germany.
- Mantau, U. (2012). *Wood flows in Europe (EU27)*. Celle, Germany.
- Mehmet, E. K. (2025). Mechanical and physical properties of particleboard produced from hemp plant. *BioResources*, 20(3), 5361–5376. <https://doi.org/10.15376/biores.20.3.5361-5376>
- Meinschmidt, P., Schrip, A., Dix, B., Thole, V., & Brinker, N. (2008). Agricultural residues with light parenchyma cells and expandable fillers for lightweight particleboards. In *Proceedings of the International Panel Products Symposium* (pp. 179–188). Espoo, Finland.
- Michanickl, A. (2006). Development of a new light wood-based panel. In *Proceedings of the 5th European Wood-Based Panel Symposium* (pp. 4–6). Hannover, Germany.
- Mirski, R., Banaszak, A., & Bekhta, P. (2021). Selected properties of formaldehyde-free polymer-

- straw boards made from various thermoplastics and types of straw. *Materials*, 14(5), 1216. <https://doi.org/10.3390/ma14051216>
- Moulana, R. (2012). Utilization of hemp (*Cannabis sativa* L.) as an alternative raw material for the production of three-layered particleboard. In *Proceedings of the 2nd Annual International Conference Syiah Kuala University* (Vol. 2). Banda Aceh, Indonesia.
- Neitzel, N., Hosseinpourpia, R., Walther, T., & Adamopoulos, S. (2022). Alternative materials from agro-industry for wood panel manufacturing: A review. *Materials*, 15, 4542. <https://doi.org/10.3390/ma15134542>
- Norén, A. (2025). *Worldpress: Are we consuming plywood?* <https://wordpress.kpu.ca/najikad93/hemp-can-save-trees/>
- Papadopoulos, A. N., Kyzas, G. Z., & Mitropoulos, A. C. (2019). Lignocellulosic composites from acetylated sunflower stalks. *Applied Sciences*, 9(4), 646. <https://doi.org/10.3390/app9040646>
- Pipiska, T., Paschová, Z., Král, P., Nociar, M., Červenka, J., Meyer, M., & Wimmer, R. (2023). Alternative particleboards based on treated and untreated hay. *BioResources*, 18(1), 357–366. <https://doi.org/10.15376/biores.18.1.357-366>
- Réh, R., & Vrtielka, J. (2013). Modification of the core layer of particleboard with hemp shives and its influence on board properties. *Acta Facultatis Xylogologiae Zvolen*, 55(1), 51–59.
- Sam-Brew, S., & Smith, G. D. (2017). Flax shive and hemp hurd residues as alternative raw material for particleboard production. *BioResources*, 12(3), 5715–5735. doi.org/10.15376/biores.12.3.5715-5735
- Suchsland, O., & Woodson, G. E. (1986). *Fiberboard manufacturing practices in the United States* (Agric. Handbook No. 263). U.S. Department of Agriculture, Forest Service.
- Sun, S., Mathias, J.-D., Toussaint, E., & Grédiac, M. (2013). Hygromechanical characterization of sunflower stems. *Industrial Crops and Products*, 46, 50–59. doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.01.009
- Yalinkilic, M. K., Imamura, Y., Takahashi, M., Kalaycioglu, H., Nemli, G., Demirci, Z., & Ozdemir, T. (1998). Biological, physical, and mechanical properties of particleboard manufactured from waste tea leaves. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 41(1), 75–84. [https://doi.org/10.1016/S0964-8305\(98\)80010-3](https://doi.org/10.1016/S0964-8305(98)80010-3)
- Yeniocak, M., Gökteş, O., Erdil, Y. Z., Özen, E., & Alma, M. H. (2014). Investigating the use of vine pruning stalks (*Vitis vinifera* L. cv. Sultani) as raw material for particleboard manufacturing. *Wood Research*, 59(1), 167–176.
- Zvirgzds, K., Kirilovs, E., Kukle, S., & Gross, U. (2022). Production of particleboard using hemp shives of various particle sizes. *Materials*, 15(3), 886. <https://doi.org/10.3390/ma15030886>

Physical properties of lightweight particleboards with partial and complete replacement of wood with hemp shives

P. Bekhta¹, R. Riabyshev²

The growing demand for wood-based panels in the construction and furniture industries, along with increasing global concern about reducing anthropogenic pressure on forest resources, necessitates the search for alternative raw materials for their production. Agriculture can supply raw materials not only from non-woody plants, but also from numerous residues and by-products.

The aim of this study was to evaluate the effect of partial or complete replacement of wood particles with hemp shives in the core layer of three-layer lightweight particleboards on their physical properties, with particular emphasis on thickness swelling and water absorption. To this end, three-layer particleboards with target densities of 350, 450, and 550 kg/m³ were manufactured using different volume ratios of wood particles to hemp shives in the core layer: 100:0, 75:25, 50:50, 25:75, and 0:100%. The outer layers were identical in all variants and consisted exclusively of wood particles, allowing for an unbiased assessment of the influence of core layer modification.

Boards manufactured exclusively from wood chips (100%) were used as reference (control) samples for comparison. Urea–formaldehyde (UF) adhesive, commonly applied in particleboard production, was used as the binder. During the study, the bulk density of wood particles and hemp shives was determined, and the boards were tested for thickness swelling and water absorption after 2 and 24 hours of soaking in water.

Hemp shives exhibited a lower bulk density compared to wood chips and their particles were

smaller in size than those of wood. Analysis of variance (ANOVA) revealed that both board density and the proportion of hemp shives in the core layer had a statistically significant effect on thickness swelling and water absorption. Partial replacement of wood particles with hemp shives resulted in improved physical properties compared with the reference samples. Increasing the overall density of the boards led to reduced water absorption, while simultaneously causing a slight increase in thickness swelling. In contrast, increasing the proportion of hemp shives in the core layer contributed to a simultaneous reduction in both thickness swelling and water absorption, indicating a positive effect of hemp shives on the water resistance and dimensional stability of the boards under the applied test conditions.

Overall, the results confirm that hemp shives represent an effective material for the partial replacement of wood in particleboard production. Their use reduces the demand for forest resources, offers the potential to lower production costs, and enhances the environmental sustainability of lightweight boards through the rational utilization of agricultural residues, while maintaining or improving key physical properties. The findings provide a scientific basis for further optimization of material composition and processing parameters in the manufacture of lightweight particleboards using agricultural waste.

Key words: wood-based composite materials; agricultural waste; wood particles; bulk density; thickness swelling; water absorption.

¹*Pavlo Bekhta* – Full Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department of Wood-Based Composites, Cellulose and Paper. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka St., Lviv, 79057, Ukraine. E-mail: bekhta@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4320-5247>

²*Roman Riabyshev* – Postgraduate Student, Department of Wood-Based Composites, Cellulose and Paper. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka St., Lviv, 79057, Ukraine. E-mail: riabyshev.roman@nltu.lviv.ua ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-6391-008X>



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

<http://fasu.nltu.edu.ua>
<https://doi.org/10.36930/412537>
Article received 2025.01.21
Article revised 2025.08.05
Article accepted 2025.09.18
Article published 2026.03.17

ISSN 1991-606X print
ISSN 2616-5015 online
@ ✉ Correspondence author
Serhiy Gayda
serhiy.hayda@nltu.edu.ua
103 General Chuprynka St.,
Lviv, 79057, Ukraine

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 (CC BY 4.0) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)



УДК 674-419.33:674.8

Вплив властивостей складових елементів із вживаної деревини на характеристики міцності комбінованих столярних плит

С.В. Гайда¹, Л.Е. Лесів²

Представлено результати дослідження впливу складових елементів (рейок) із вживаної деревини на фізико-механічні характеристики комбінованих столярних плит. Актуальність роботи зумовлена потребою у впровадженні принципів циркулярної економіки в деревообробну промисловість, де вживана деревина розглядається як повноцінна вторинна сировина. Об'єктом дослідження є щитові плити з внутрішнім шаром із рейок різної ширини, порід і матеріалів (масивна деревина, деревинно-стружкові рейки), личковані фанерою з обох боків. Метою дослідження є встановлення впливу параметрів рейок (ширина, порода, тип матеріалу, частка масиву) на межу міцності при статичному згині та при сколюванні вздовж волокон. Експериментальні плити розміром 500 × 500 × 22 мм виготовляли із вживаної деревини сосни і бука та комбінували з рейками з деревинно-стружкових плит. Випробування проводили відповідно до стандартів EN 310 та EN 205. Встановлено, що збільшення ширини рейок із 30 до 60 мм зменшує міцність при згині на 10-11%, а чергування порід (сосна – бук) підвищує її на 8%. Додавання 40% рейок з ДСП забезпечує зниження питомої витрати масиву до 40% за прийнятими значеннями міцності ($\sigma_{32} = 33,8$ МПа, $\tau_{ск} = 5,3$ МПа). Розроблено емпіричні моделі, які описують залежність міцності столярних плит від ширини рейок, щільності та частки масивної деревини: $\sigma_{32} = 12,7 + 0,028\rho + 0,19t - 0,11b$, ($R^2 = 0,93$). Оптимальною визначено структуру з рейками завширшки 30-40 мм, чергуванням рейок сос-

¹ Гайда Сергій Володимирович – академік Лісівничої академії наук України, доктор технічних наук, професор кафедри технологій меблів і виробів з деревини. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. E-mail: serhiy.hayda@nltu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7468-5661>

² Лесів Лев Едуардович – аспірант кафедри технологій меблів і виробів з деревини. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. E-mail: lev.lesiv@nltu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-3959-5447>

ни та бука й часткою масиву не менше 60%. Показано, що міцність плит із вживаної деревини становить 89-94% від показників плит із первинної деревини, що підтверджує можливість їх промислового використання. Отримані результати мають практичне значення для розроблення ресурсоефективних технологій виробництва комбінованих столярних матеріалів і можуть бути використані у виробництві меблів, міжкімнатних дверей та внутрішніх конструкцій.

Ключові слова: властивості деревини; конструкції щитів; рейки; міцність при згині; міцність при сколюванні; циркулярна економіка; повторне використання; ПВА-клей; фанера; масив деревини; деревинно-стружкові плити.

Вступ (Introduction).

У контексті сучасних викликів сталого розвитку деревообробної промисловості одним із пріоритетних завдань є підвищення ефективності використання деревинних ресурсів за рахунок повторного залучення у виробничий цикл деревини, що втратила первинні експлуатаційні властивості, але зберегла достатні структурно-механічні показники. Такий підхід відповідає принципам циркулярної економіки (Ratajczak, & Szostak, 2003; European Commission, 2015; Bezama, 2016; Blomsma, & Brennan, 2017; Murray, Skene, & Haynes, 2017; Tuomasjukka, Athanassiadis, & Vis, 2017; Reike, Vermeulen Walter, & Witjes, 2018; Barbu, 2022; CircHive, 2022; Circularity Gap Report, 2022; Гайда, 2023), де вживана деревина (ВЖД) розглядається не як відходи, а як вторинна сировина з високим потенціалом повторного використання (Werner et al., 2010; Білий, Гайда, 2016; Suominen et al., 2017; Медвідь, 2018, 2021; Гайда, Кійко, 2021). Серед можливих напрямів такої переробки особливе місце посідає виготовлення комбінованих столярних плит (Білий, Гайда, 2016; Лесів, 2020; Zając, 2023; Лесів, Гайда, 2023; Медвідь, 2023; Лесів, Гайда, Салапак, 2024) – щитових матеріалів, внутрішній шар яких формується з рейок різного походження (масивна деревина, деревинно-стружкові (ДСП) рейки, елементи різних порід тощо). Такий підхід дає змогу не лише мінімізувати втрати сировини (Frühwald, 2019; Titus et al., 2021; Гайда, 2023; Гайда, Медвідь, 2024, 2025), але й досягти необхідних фізико-механічних характеристик (Лесів, Гайда, Салапак, 2024; Лесів, 2025), забезпечуючи оптимальний баланс між міцністю, стабільністю розмірів і масою виробу.

Розвиток технологій вторинного використання деревини (Čunderlík, 2017; Risse, 2020; Гайда, 2023) та створення комбінованих плит на її основі є частиною глобальної тенденції переходу до циркулярної економіки та ресурсоефективного виробництва. За даними Європейської федерації деревообробних підприємств, щороку понад 40 млн тонн деревини у ЄС втрачають експлуатаційну придатність, але до 60% цього ресурсу потенційно може бути повторно залуче-

но для виготовлення нових матеріалів (European Commission, 2015; Lagaña, & Lanvin, 2018; Circularity Gap Report, 2022; CircHive, 2022).

У працях Frühwald (2019) та Risse (2020) досліджено можливості повторного використання конструкційної деревини з демонтажу будівель. Автори зазначають, що навіть після 30-40 років експлуатації деревина зберігає до 80-90% своєї початкової міцності за умови правильної первинної обробки – очищення, сортування, видалення залишків лаків і цвяхів. Krč, & Hrázský (2021) експериментально підтвердили, що міцність деревини, повторно використаної після демонтажу покрівельних конструкцій, зменшується в середньому лише на 7-12% порівняно з новою деревиною. Ці результати відкривають широкі можливості для вторинного застосування в несучих елементах або внутрішніх шарах композиційних плит. В Україні подібні дослідження активно проводять в Національному лісотехнічному університеті України. У працях низки авторів (Лесів, 2020; Гайда, Кійко, 2021; Гайда, Медвідь, 2024) встановлено закономірності зміни фізико-механічних показників деревини після повторного використання, а в інших роботах (Білий, Гайда, 2016; Подібка, Кійко, 2019; Лесів, Гайда, Салапак, 2024) перевірено формостійкість щитових клеєних конструкцій із вживаної деревини.

Комбіновані столярні плити належать до класу рейкових щитів, в яких внутрішній шар формується із масивних елементів, склеєних між собою. За стандартом EN 13353:2019, такі вироби належать до категорії щитових матеріалів, які можуть бути одно- або багат шаровими. У роботах Krzosek (2022) і Zając (2023) показано, що комбінування рейок різних порід (наприклад, сосна – бук або ялина – дуб) дає можливість регулювати жорсткість і міцність щита без значного збільшення маси виробу. Автори відзначають, що оптимальне співвідношення м'яких і твердих порід у внутрішньому шарі становить 60:40.

Під час дослідження впливу ширини рейок на жорсткість панелей (Čunderlík, 2017; Гайда, Медвідь, 2024) встановлено, що за ширини рейок понад 60 мм спостерігається зростання внутрішніх

напружень і зниження міцності на 8-10%, що пояснюється нерівномірністю розподілу деформацій при згині. Вивчаючи поєднання масивної деревини з деревинно-стружковими вставками Lagaña, & Lanvin (2018) встановили, що введення 30-40% рейок із ДСП у середній шар дає змогу зменшити витрати масиву майже вдвічі за зниження міцності лише на 12-15%. Цей ефект є особливо цінним для економії високоякісної деревини.

Для оцінювання міцності комбінованих плит найбільш інформативними є межа міцності при статичному згині (за EN 310:2013) та межа міцності при сколюванні вздовж волокон (за EN 205:2001), які характеризують роботу щита в умовах навантажень, типових для меблевих і столярних виробів (Подібка, Кійко, 2019; Dukarska, 2020; Krč, & Hrázský, 2021; Krzosek, 2022; Lee, & Kim, 2021; Луценко, 2025). Зокрема Dukarska (2020) зазначає, що комбіновані плити з переробленої деревини мають коефіцієнт варіації міцності, вищий на 10-15% через неоднорідність структури, однак середні значення залишаються у межах норми для несучих елементів класу EN 13353:219 SWP/2. Для підвищення однорідності структури деякі дослідники (Lee, & Kim, 2021) пропонують сортувати рейки за щільністю (ρ), вологістю (W) та модулем пружності (E), що дає змогу зменшити розкид показників міцності до рівня 5-7%. Також деякі науковці вважають доцільним сортування за нахилом річних кілець у перерізі рейок, що актуально для забезпечення формостійкості (Білий, Гайда, 2016; Подібка, Кійко, 2019; Гайда, Кійко, 2021; Гайда, Медвідь, 2024).

Результати досліджень (Лесів та ін., 2024) щодо застосування ВЖД у столярно-будівельних виробках показали, що навіть деревина після тривалого використання залишається придатною для роботи при розрахункових навантаженнях волокна, за умови збереження цілісності міжтканинних зв'язків. Gayda, & Kiyko (2021), Медвідь (2021) підтверджують, що повторно використана деревина з меблевих виробів може бути успішно застосована у виробництві комбінованих плит після механічного очищення та калібрування.

Аналіз літературних джерел підтверджує, що більшість досліджень спрямована на загальні питання повторного використання деревини або оцінювання фізико-механічних властивостей вторинних матеріалів, тоді як закономірності впливу комбінації рейок різних типів, ширини та порід на сумарну міцність комбінованих плит залишаються недостатньо дослідженими. Недостатньо також систематизовано вплив структурної неоднорідності внутрішнього шару (чергування матеріалів, наявність стиків, змінна щільність) на величину межі міцності при згині та

сколюванні вздовж волокон. Саме ці питання є центральними для висвітлення у цій роботі.

Таким чином, вторинна деревина є перспективною сировиною для виготовлення комбінованих плит, оскільки зберігає значну частку механічних властивостей. Попри наявність окремих публікацій щодо повторного використання деревини у виробництві плитних матеріалів, недостатньо вивчено вплив поєднання рейок різних порід, ширини елементів та співвідношення між масивом і вторинним матеріалом на межу міцності при статичному згині та межу міцності при сколюванні вздовж волокон. Відсутність таких даних обмежує можливість інженерного проектування комбінованих плит із прогнозованими властивостями. Основними чинниками, що визначають міцність комбінованих плит, є ширина рейок, порода деревини, співвідношення типів матеріалу (масив / ДСП) та якість клеєного з'єднання. Існує потреба у розробленні аналітичних залежностей між цими параметрами та міцністю при згині і сколюванні, що стане підґрунтям для інженерного проектування таких плит. Саме це завдання визначає наукову новизну і мету дослідження у межах цієї статті.

Актуальність дослідження полягає в тому, що в умовах зростання дефіциту високоякісної деревини питання раціонального використання деревинних ресурсів набуває особливої ваги. За результатами досліджень (Медвідь, 2018, 2021; Гайда, 2023; Лесів, Гайда, 2023), до 30% деревинних виробів після завершення терміну експлуатації можуть бути повторно використані для виробництва нових матеріалів. В Україні ж потенціал повторного використання деревини залишається реалізованим лише частково, що зумовлює актуальність експериментальних робіт у цьому напрямі. Використання рейок із ВЖД (отриманих із дахових конструкцій, меблів, піддонів, тари тощо) дає змогу створювати комбіновані плити, фізико-механічні характеристики яких можуть бути близькими до плит із первинної деревини за належної технологічної підготовки. Такий підхід відкриває перспективи для формування нової категорії екологічно орієнтованих столярних матеріалів, що поєднують властивості масиву й деревинних композитів.

Мета дослідження – встановити закономірності впливу складових елементів (рейок) із ВЖД на фізико-механічні характеристики комбінованих столярних плит, виготовлених за лабораторною технологією, та розробити аналітичну модель прогнозування їх міцності залежно від структури рейкового набору.

Практичне значення роботи полягає у тому, що результати дослідження можуть бути використані у процесі розроблення технологій вторинно-

го використання деревини у виробництві столярних і меблевих матеріалів; для оптимізації структури рейкових щитів у лабораторному та промисловому виготовленні комбінованих плит; у навчальному процесі спеціальностей G14 «Деревообробні та меблеві технології» і G19 «Будівництво та цивільна інженерія» з метою формування навичок розрахунку фізико-механічних властивостей деревинних композиційних матеріалів.

Об'єкти і методика дослідження (Objects and methods).

Об'єкт дослідження – комбіновані столярні плити, сформовані з рейок із вживаної деревини різних порід і типів матеріалів. *Предмет дослідження* – закономірності впливу геометричних і матеріальних параметрів рейок (порода, ширина, тип матеріалу, поєднання) на фізико-механічні характеристики плит – зокрема, межу міцності при статичному згині та сколюванні вздовж волокон.

Методологія дослідження ґрунтується на принципах фізико-механічного аналізу композиційних матеріалів, стандартах EN 310:2013, EN 205:2001, EN 322:1993, а також положеннях теорії композитів щодо взаємодії шарів із різними модулями пружності. Для аналізу результатів застосовано метод дисперсійного аналізу (ANOVA) та багатофакторну регресію.

Для досліджень використовували деревину, отриману з демонтажу будівельних і столярних виробів, термін експлуатації яких становив 20-40 років. Основними джерелами були: дахові балки і

латування (сосна звичайна); меблеві щити (бук лісовий); тарно-піддонні елементи (ялина європейська). Після демонтажу деревину очищували від металевих елементів, фарб, клеїв і залишків покриттів механічним способом (шліфування, фрезерування). З неї нарізали рейки завтовшки 16 мм, завширшки 30-60 мм і завдовжки 500 мм. Для контрольних зразків використовували деревину сосни звичайної з вологістю 8-10%, заготовлену відповідно до вимог EN 13183-1:2014. Як додаткові матеріали використано: фанеру березову шліфовану завтовшки 3 мм (EN 636-2:2016) – для облицювання обох поверхонь комбінованої плити; деревинно-стружкові рейки (ДСП) (марка P2, EN 312:2010) – для варіантів із комбінованим набором; клейовий склад: ПВА дисперсійний, клас водостійкості D3 за EN 204:2016, густина 1,05 г/см³.

Для експериментів виготовляли комбіновані столярні плити розміром 500 × 500 × 22 мм, що відповідають габаритам робочої плити лабораторного пресу. Структура кожної плити складалася з: внутрішнього щита завтовшки 16 мм, сформованого із рейок різного типу; двох личкувальних шарів фанери завтовшки по 3 мм, наклеєних на обидві сторони щита. Внутрішній шар склеювали на шиповий стик у торцях рейок, а бокові з'єднання виконували методом «на гладку фугу» з нанесенням клею валиком (кількість клею – 180-200 г/м²). Було сформовано три серії комбінованих плит – по п'ять зразків у кожній (табл. 1).

Таблиця 1. Різновиди експериментальних комбінованих столярних плит
Table 1. Varieties of experimental composite blockboards

Тип плити	Матеріал рейок у внутрішньому щиті	Ширина рейок, мм	Опис структури
А (однорідна)	ВЖД сосни	30 / 40 / 60	Рейки з однієї породи різної ширини
В (змішана)	сосна + бук	40	Чергування рейок різних порід у співвідношенні 1:1
С (комбінована)	сосна (60%) + рейки з ДСП (40%)	40	Чергування масиву і деревинно-стружкових елементів

Кожен тип випробовували у п'яти повтореннях для забезпечення статистичної достовірності результатів.

Перед склеюванням усі рейки калібрували до номінальної товщини 16 мм, торцювали, а поверхню очищали від пилу. Вологість деревини контролювали електронним вологоміром GANN Hydromette HT-85T, забезпечуючи діапазон 8–12%. Клей наносили односторонньо рівномірним шаром, витримували відкрито впродовж 10 хв, після чого рейковий набір складали у пакет і пресували.

Склеювання виконували на лабораторному гідравлічному пресі Mod. LP-25, оснащеному нагрівальними плитами 500 × 500 мм. Режим пресування: температура плит – 110 ± 5°C; тиск – 0,8 ± 0,05 МПа; час пресування – 6 хв (за

товщини 22 мм); тиск холостого витримання – 0,3 МПа, 10 хв після пресування.

Після пресування плити кондиціонували у лабораторному середовищі (температура 20 ± 2°C, відносна вологість 65 ± 5%) впродовж 7 діб.

Із кожної плити вирізали зразки для випробувань для визначення: межі міцності при статичному згині – розміри 250 × 50 × 22 мм (EN 310:2013); межі міцності при сколюванні вздовж волокон – розміри 100 × 25 × 22 мм (EN 205:2001). Кількість зразків для кожного типу випробувань – не менше 10 одиниць. Випробування проводили на універсальній випробувальній машині Zwick/Roell Z010. Схема навантаження – триточковий згин з прольотом між опорами l = 200 мм, швидкість переміщення поперечини – 5 мм/хв.

Межу міцності при згині обчислювали за формулою: $\sigma_{zg} = (3P_{max}l)/(2bh^2)$, де P_{max} – максимальне навантаження, Н; l – проліт між опорами, мм; b – ширина зразка, мм; h – товщина зразка, мм.

Межу міцності при сколюванні визначали за формулою: $\tau = P_{max}/A$, де P_{max} – максимальне навантаження, Н; A – площа сколювання, мм².

Зразки приклеювали до дерев'яних колодок і випробовували за схемою зсуву при навантаженні по площині склеювання.

Результати обробляли методами дисперсійного аналізу (ANOVA) та багатофакторної регресії з використанням програмного забезпечення Statistica 13.5. Для кожної серії визначали: середнє значення ($\bar{x}$), середньоквадратичне відхилення (s), коефіцієнт варіації (Cv , %), довірчий інтервал ($\alpha = 0,05$). Отримані залежності між конструкційними параметрами рейкового шару (ширина, порода, матеріал) і показниками міцності узагальнювали у вигляді

емпіричних моделей. Для оцінювання результатів приймали такі орієнтовні рівні властивостей (за EN 13353:2019): межа міцності при згині – ≥ 30 МПа; межа міцності при сколюванні – ≥ 5 МПа. Ці критерії використовували для зіставлення результатів експериментальних комбінованих плит із нормативними вимогами до столярних матеріалів внутрішнього використання. Методика дослідження побудована таким чином, щоб кількісно оцінити вплив ширини рейок, породи та поєднання матеріалів на міцність комбінованих плит при згині та сколюванні, з урахуванням можливостей лабораторного обладнання та стандартів EN.

Результати (Results).

Для визначення впливу геометричних параметрів рейок здійснено випробування зразків типу А (вплив ширини рейок на міцність при статичному згині), виготовлених із ВЖД, при трьох ширинах рейок: 30, 40 та 60 мм та отримано значення випробувань, що наведені у табл. 2.

Таблиця 2. Результати випробувань зразків експериментальних комбінованих столярних плит

Table 2. Test results of samples of experimental composite blockboards

№ серії	Ширина рейки, мм	Межа міцності при згині, МПа ($\bar{x} \pm s$)	Коефіцієнт варіації, %	Відносне зниження міцності, %
A1	30	41,2 $\pm$ 2,9	7,1	–
A2	40	39,4 $\pm$ 3,1	7,9	–4,4
A3	60	36,7 $\pm$ 3,5	9,6	–10,9

Зі збільшенням ширини рейок від 30 до 60 мм міцність при статичному згині зменшилась на 10-11%, що пояснюється ростом нерівномірності напружень у клеєних зонах і більшою деформаційною неоднорідністю щита. Дисперсій-

ний аналіз підтвердив статистично значущий вплив ширини рейки ($p < 0,05$). Залежність описується апроксимаційною формулою: $\sigma_{zg} = 43,1 - 0,11b$, $R^2 = 0,94$, де b – середня ширина рейки, мм (рис. 1).

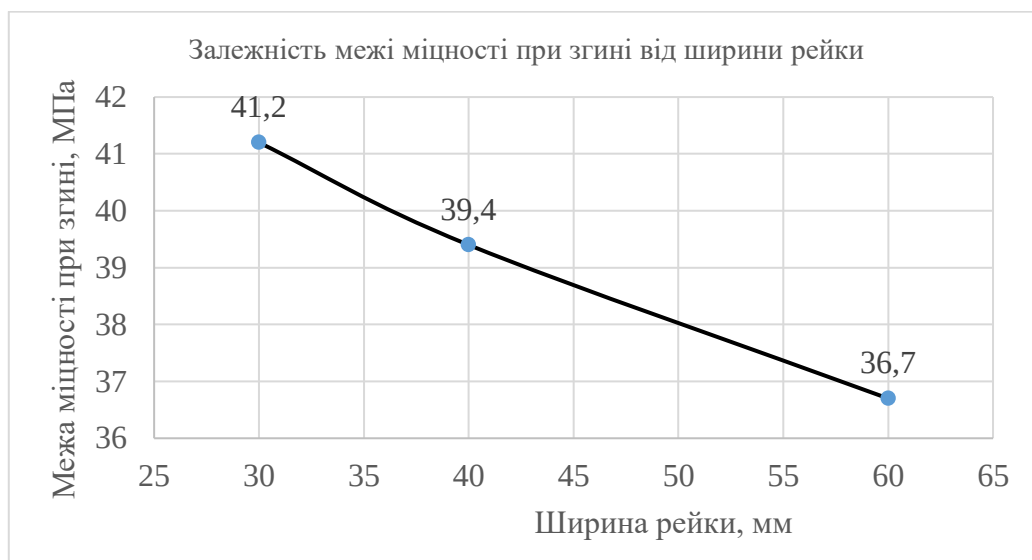


Рис. 1. Залежність межі міцності при згині від ширини рейок, де спостережено плавне зниження від 41 до 36 МПа при зростанні ширини з 30 до 60 мм

Fig. 1. Dependence of the bending strength on the width of the slats, where a smooth decrease from 41 to 36 MPa is observed with an increase in width from 30 to 60 mm

У зразках типу В (вплив комбінації порід деревини) внутрішній щит формували чергуванням рейок сосни та бука. Результати наведено у табл. 3.

Таблиця 3. Результати випробувань зразків експериментальних комбінованих столярних плит з чергуванням рейок сосни та бука

Table 3. Test results of samples of experimental composite blockboards with alternating pine and beech slats

Тип плити	Комбінація порід	σ_{zg} , МПа ($\bar{x} \pm s$)	$\tau_{ск}$, МПа ($\bar{x} \pm s$)	Відносна зміна σ_{zg} , %	Відносна зміна $\tau_{ск}$, %
А (сосна)	100% сосна	39,4 $\pm$ 3.1	6,1 $\pm$ 0.5	—	—
В (сосна–бук)	50% сосна + 50% бук	42,6 $\pm$ 3.4	5,8 $\pm$ 0.4	+8,1	–4,9

Отже, чергування порід позитивно вплинуло на міцність при згині (+8%), що пояснюється чергуванням зон з різною жорсткістю (модулем пружності). Однак міцність при сколюванні трохи знизилась (–5%), ймовірно через різну усушку порід і неоднакову адгезію клею.

Для плит типу С (вплив комбінування матеріалів [масив + ДСП]), де внутрішній шар складався з 60% рейок масиву сосни і 40% рейок з деревинно-стружкових плит (ДСП), отримано результати, наведені у табл. 4.

Таблиця 4. Результати випробувань зразків експериментальних комбінованих столярних плит з чергуванням рейок сосни та ДСП

Table 4. Test results of samples of experimental composite blockboards with alternating pine and particleboard slats

Тип плити	Склад щита	σ_{zg} , МПа	$\tau_{ск}$, МПа	Відносна зміна σ_{zg} , %	Відносна зміна $\tau_{ск}$, %
А (масив)	100% сосна	39,4	6,1	—	—
С (комбінована)	60% масив + 40% ДСП	33,8	5,3	–14,2	–13,1

Зменшення міцності при згині та сколюванні становить відповідно 14 і 13%, що зумовлено нижчою щільністю та структурною слабкістю деревинно-стружкових рейок. Попри це, отримані значення ($\sigma_{zg} = 33,8$ МПа, $\tau_{ск} = 5,3$ МПа)

відповідають вимогам EN 13353:2019 (клас SWP/2) для плит внутрішнього застосування. Для зіставлення оцінено дані експериментальних столярних плит із ВЖД з даними контрольних плит з первинної деревини сосни (табл. 5).

Таблиця 5. Результати порівняльного аналізу випробувань зразків експериментальних комбінованих столярних плит з різних матеріалів

Table 5. Results of comparative analysis of tests of samples of experimental composite blockboards made of different materials

Матеріал рейок	σ_{zg} , МПа	$\tau_{ск}$, МПа	Відносна міцність (до первинної деревини), %
Нова деревина	44,2	6,5	100
ВЖД (30–40 мм)	39,4	6,1	89–94
Комбінована (60% масив + 40% ДСП)	33,8	5,3	77–82

Таким чином, ВЖД забезпечує до 90% міцності плит із первинної деревини, що підтверджує доціль-

ність її вторинного використання у випадку правильного підбору структури та клеєвого режиму (рис. 2).

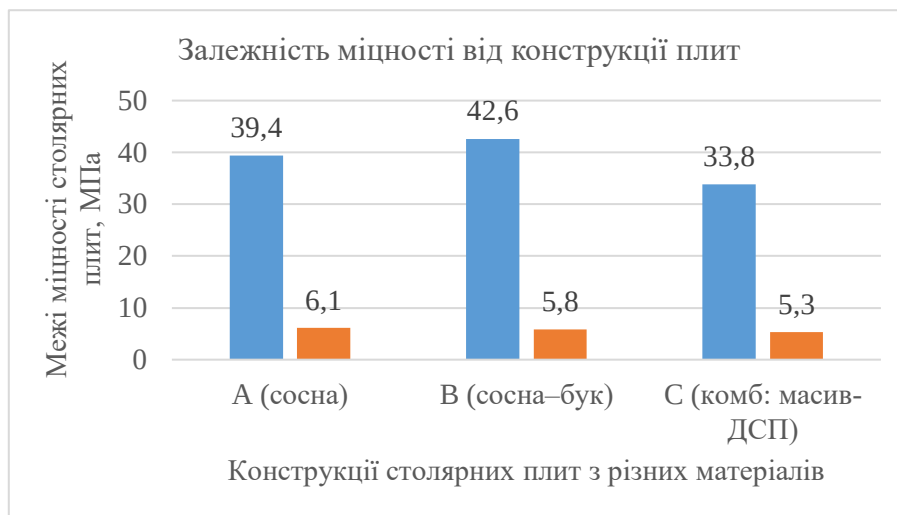


Рис. 2. Порівняння $\sigma_{зг}$ і $\tau_{ск}$ для трьох типів плит (A, B, C), де найвищі показники має плита B (змішана порода), а найнижчі – C (з ДСП)

Fig. 2. Comparison of σ_b and τ for three types of boards (A, B, C), where the highest indicators are for board B (mixed species), and the lowest ones are for board C (particleboard-based)

За результатами багатофакторного аналізу отримано регресійні рівняння (емпіричні залежності між параметрами рейок і міцністю) для прогнозування міцності комбінованих плит залежно від трьох основних чинників: ширини рейок (b), щільності матеріалу (ρ) та частки масивної деревини (m).

Отже, межа міцності при згині: $\sigma_{зг}=12,7+0,028\rho+0,19m-0,11b$, $R^2=0,93$; межа міцності при сколюванні: $\tau=0,85+0,005\rho+0,07m-0,012b$, $R^2=0,89$, де ρ – середня щільність матеріалу, кг/м³; m – частка масивної деревини у складі внутрішнього шару, %; b – середня ширина рейки, мм.

Модель засвідчує, що найсуттєвіше на міцність впливають частка масивної деревини (m) та ширина рейок (b), тоді як щільність (ρ) має другорядний вплив у межах досліджуваних значень.

Аналіз результатів та узагальнення отриманих даних засвідчують, що ширина рейок істотно впливає на механічні показники. За ширини понад 50-60 мм спостережено помітне зниження міцності при згині через зростання деформаційної неоднорідності клеєного поля. Комбінування порід деревини (м'яких і твердих) дає змогу підвищити жорсткість без значного збільшення маси виробу. Поєднання масиву з деревинно-стружковими рейками дає змогу зменшити витрати цінної деревини на 30-40% при збереженні рівня міцності, достатнього для внутрішніх конструкцій (SWP/2). Математична модель підтверджує лінійно-негативну залежність міцності від ширини рейок і позитивний вплив частки масиву. Статистичні коефіцієнти варіації (7-10%) свідчать про однорідність отриманих результатів і коректність методики виготовлення лабораторних зразків. Таким чином,

отримані експериментальні дані доводять, що ВЖД є придатною для виробництва комбінованих столярних плит, а оптимальна структура внутрішнього щита – це рейки завширшки 30-40 мм із чергуванням порід (сосна – бук) або обмеженим (до 30-40%) вмістом ДСП-рейок.

Дискусія (Discussion).

Результати експериментів підтвердили, що ВЖД після відповідної підготовки зберігає високі фізико-механічні показники, що дає можливість використовувати її як повноцінний конструкційний матеріал у виробництві комбінованих столярних плит. Отримані значення межі міцності при статичному згині (36–42 МПа) та межі міцності при сколюванні (5,3–6,1 МПа) підтверджують можливість повторного використання вторинної деревини у щитових конструкціях внутрішнього призначення.

Отримані результати узгоджуються з висновками Krč, & Hrázský (2021), які вказують, що деревина з демонтажу втрачає не більше 10-15% своєї початкової міцності. Подібні тенденції відзначено й у роботах Frühwald (2019) та Dukarska (2020), де для композитів на основі вторинної деревини показано збереження 85-90% міцності порівняно з первинною сировиною.

Виявлене зниження міцності при згині на 10-11% за збільшення ширини рейок із 30 до 60 мм пояснюється нерівномірністю розподілу напружень у клеєному полі та наявністю міжрейкових стиків, які діють як зони локальних деформацій. Цей ефект добре відомий у теорії багатошарових плитних елементів і підтверджується результатами Čunderlík (2017), який спостерігав зниження жорсткості рейкових панелей при збільшенні ширини рейок понад 50 мм. Згідно з класичною моделлю згину

(EN 310:2013), максимальні напруження концентруються у крайніх волокнах. Для рейкових плит із широкими елементами виникає нерівномірний розподіл клейового шва за товщиною, що спричиняє мікросуви і, як наслідок, втрату ефективності передачі зусиль між рейками. Отже, оптимальна ширина рейок для лабораторних плит із вторинної деревини становить 30–40 мм, що підтверджено також емпіричною моделлю $\sigma_{зг} = 43,1 - 0,11b$.

Додавання рейок твердої породи (бук) у структуру соснового щита (тип В) підвищило межу міцності при згині на 8%, хоча водночас незначно зменшило міцність при сколюванні (–5%). Ця закономірність має компенсаційний характер: різниця в модулях пружності сосни ($E \approx 9,5$ ГПа) і бука ($E \approx 14$ ГПа) створює ефект чергування зон з різною деформаційною жорсткістю, що підвищує опір вигину, але може збільшувати напруження у клеєних швах. Подібні результати отримали Zajac (2023) та Krzosek (2022), які відзначили приріст міцності комбінованих панелей на 5–10% у випадку поєднання деревини м'яких і твердих порід. Отже, використання змішаних порід у рейкових щитах не лише можливе, але й доцільне для оптимізації міцності без суттєвого збільшення маси.

Результати експерименту для плит типу С показали, що включення до 40% рейок із ДСП у середній шар знижує міцність при згині на 14%, при сколюванні – на 13%. Незважаючи на це, такі значення залишаються у межах вимог EN 13353:2019 (SWP/2), що дає підставу рекомендувати подібну структуру для внутрішніх меблевих конструкцій. Зниження міцності пояснюється низькою когезійною міцністю ДСП ($\sigma_{зг} \approx 10\text{--}15$ МПа) та відмінністю у поведінці клеєного шва між деревинним масивом і пористою структурою плити. Проте досягнуте зменшення споживання деревного масиву на 30–40% є важливою перевагою з погляду ресурсозбереження. Схожі результати наведені Lagaña & Lanvin (2018), де зниження міцності становило 12–15%, що підтверджує адекватність отриманих у нашій роботі показників.

Порівняння показало, що комбіновані плити з ВЖД мають 89–94% міцності плит із первинної деревини, що є цілком задовільним показником для більшості конструкційних і меблевих виробів. Таке співвідношення підтверджує тезу, що ВЖД не втрачає базових міцнісних характеристик, якщо при її підготовці забезпечено висушування, очищення та калібрування рейок. Отже, з погляду інженерного розрахунку, допустимо використовувати коефіцієнт запасу міцності 0,9 для виробів із вторинної деревини – аналогічно до рекомендацій Krč, & Hrázský (2021).

Побудовані емпіричні моделі: $\sigma_{зг} = 12,7 + 0,028\rho + 0,19m - 0,11b$, $R^2 = 0,93$; $\tau = 0,85 + 0,005\rho + 0,07m - 0,012b$, $R^2 = 0,89$ демонструють високу кореляцію між конструкційними параметрами і міцністю. Позитивні коефіцієнти при ρ та m свідчать, що збільшення щільності матеріалу і частки масивної деревини позитивно впливають на обидва показники, тоді як коефіцієнти при b – від'ємні, що підтверджує негативний вплив збільшення ширини рейок. Рівень апроксимації (R^2 понад 0,9) вказує на високу достовірність моделі і можливість її застосування для прогнозування властивостей комбінованих плит у межах досліджуваних параметрів. Це відкриває перспективу подальшого моделювання структурних оптимумів (b , m , ρ) із застосуванням методів цифрового дизайну або скінченно-елементного аналізу.

Отримані результати мають важливе практичне значення для розроблення технологій вторинного використання деревини: ВЖД після очищення і калібрування можливо використовувати у виробництві рейкових плит завтовшки 22 мм, що відповідають нормативним вимогам до столярних матеріалів внутрішнього застосування. Оптимальна конструкція внутрішнього щита така: рейки завширшки 30–40 мм із чергуванням м'якої (сосна) і твердої (бук) порід; допустиме комбінування з ДСП – не більше ніж 40% за шириною набору при збереженні клеєвої водостійкості класу D₃. Використання ВЖД дає змогу зменшити витрати первинної сировини на 25–40% і знизити вуглецевий слід виробництва на 30% (за розрахунками на основі питомої енергоємності сушіння та розпилювання).

Коефіцієнти варіації ($C_v = 7\text{--}10\%$) свідчать про однорідність отриманих даних. Розбіжності в межах серій не перевищують допустимих меж для матеріалів природного походження ($C_v \leq 15\%$). Отже, отримані результати можна вважати статистично достовірними та репрезентативними для виробів подібної конструкції.

Наукове та прикладне узагальнення результатів досліджень полягає у тому, що головними чинниками, які визначають міцність комбінованих плит, є ширина рейок та співвідношення матеріалів у внутрішньому шарі. Отримані закономірності дають змогу прогнозувати міцність плит різного складу, що важливо для автоматизованого проектування (CAD/CAM) столярних виробів. Дослідження підтверджують ефективність використання рейок із ВЖД у виробництві комбінованих столярних плит.

Перспективи подальших досліджень з використання ВЖД полягають у вивченні впливу експлуатаційних чинників (зміни вологості, температури, циклічні навантаження) на дов-

говічність комбінованих плит із вторинної деревини з метою ширшого їх використання у виробничих цілях; в оптимізації клеєвих систем для дослідження поліуретанових і біоклеїв для підвищення екологічності та водостійкості з'єднань за повторного пресування; у дослідженні структурних дефектів у рейках ВЖД за допомогою ультразвукової діагностики для розроблення системи неруйнівного сортування перед склеюванням; у розробленні рекомендацій для виробництва комбінованих столярних плит у малих і середніх деревообробних підприємствах – із використанням ВЖД як компоненту “другої генерації”.

Висновки (Conclusions).

1. Встановлено кількісні залежності між шириною, видом та матеріалом рейок і фізико-механічними характеристиками столярних плит із ВЖД. Основними чинниками, що визначають міцність виробів, є геометричні параметри рейок (b), їхня щільність (ρ) і частка масивної деревини (m) у структурі щита.

2. Оптимальна структура внутрішнього щита визначена як набір рейок завширшки 30–40 мм, чергування м'якої (сосна) і твердої (бук) порід, за загальної частки масивної деревини не менше 60%. За таких умов плити забезпечують середню межу міцності при згині 41–42 МПа та при сколюванні ≈ 6 МПа, що відповідає вимогам EN 13353:2019, клас SWP/2.

3. Використання рейок із деревинно-стружкових плит (ДСП) у кількості до 40% у поєднанні з рейками масиву дає змогу знизити витрати первинної деревини до 30–40%, зберігаючи при цьому прийнятний рівень міцності ($\sigma_{zg} \approx 34$ МПа; $\tau_{ск} \approx 5,3$ МПа). Такий варіант робить технологію економічно та екологічно ефективною.

4. Для встановлення межі міцності при згині отримано рівняння: $\sigma_{zg} = 12,7 + 0,028\rho + 0,19m - 0,11b$, $R^2 = 0,93$, що може бути використано для прогнозування властивостей плит на етапі проєктування. Міцність плит із ВЖД становить у середньому 89–94% від міцності плит із первинної деревини, що підтверджує доцільність її повторного використання в конструкційних і меблевих матеріалах внутрішнього призначення.

5. Запропонована технологічна схема виготовлення комбінованих плит розміром $500 \times 500 \times 22$ мм із внутрішнім щитом 16 мм і личкуванням фанерою (3 мм) забезпечує однорідність властивостей, стабільність форми та високу якість поверхні. Отримані результати створюють наукове підґрунтя для розроблення ресурсоефективних технологій у деревообробній промисловості, що базуються на принципах повторного

використання матеріалів і скорочення відходів деревини.

6. Комбіновані плити на основі рейок із ВЖД мають високий потенціал для впровадження у виробництво як екологічно стійкий конструкційний матеріал. Встановлені закономірності можуть бути використані під час розроблення адаптивних інженерних моделей, що дасть змогу прогнозувати властивості плит залежно від складу і структури.

Конфлікт інтересів (Conflicts of Interest).

Автори заявляють про відсутність у них відомих конкуруючих фінансових інтересів чи особистих зв'язків, які могли б вплинути на результати, представлені у цій статті.

Список літератури (References)

- Barbu, M. C. (2022). Circular wood materials and the reuse potential of solid timber. *European Journal of Wood Products*, 80(3), 499–510. <https://doi.org/10.1007/s00107-022-01775-8>
- Bezama, A. (2016). Let us discuss how cascading can help implement the circular economy and the bioeconomy strategies. *Waste Management & Research*, 34(7), 593–594. doi.org/10.1177/0734242X16657973
- Bilyy, Ya. M., & Gayda, S. V. (2016). The investigation of the shape stability of glued panels made of post-consumer wood. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 42, 69–79. <https://doi.org/10.36930/42164211> [Білий, Я. М., Гайда, С. В. (2016). Дослідження формостійкості клеєних щитів із ВЖД. *Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість*, 42, 69–79.] (in Ukrainian)
- Blomsma, F., & Brennan, G. (2017). The emergence of circular economy: A new framing around prolonging resource productivity. *Journal of Industrial Ecology*, 21, 603–614. doi.org/10.1111/jiec.12603
- CircHive. (2022). *Developing & piloting biodiversity footprinting & natural capital accounting via a “beehive” of sectoral hubs, for sustainable transition to a circular EU bioeconomy* [Project]. Project duration: December 1, 2022–November 30, 2027.
- Circle Economy. (2022). *Circularity Gap Report 2022: Five years of analysis*. [circularconomy. https://europa.eu/platform/sites/default/files/1_report_cgr_global_2022](https://europa.eu/platform/sites/default/files/1_report_cgr_global_2022)
- Čunderlík, I. (2017). Effect of slat width on the bending stiffness of glued panels. *Acta Facultatis Technicae*, 22(1), 45–52. <https://doi.org/10.5555/acta-2017-22-1-45>
- DIN Deutsches Institut für Normung. (2014). *Plywood—Part 2: Blockboard and laminboard for general use* (DIN 68725-2:2014-10). Beuth Verlag. (in German)
- Dukarska, D. (2020). Mechanical consistency of recycled wood-based composites. *BioResources*,

- 15(2), 2504–2520. <https://doi.org/10.15376/biores.15.2.2504-2520>
- European Commission. (2015). *Closing the loop: An action plan for the circular economy* (Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- European Committee for Standardization. (1993). *Wood-based panels—Determination of moisture content* (EN 322:1993). Brussels, Belgium: CEN. <https://standards.cen.eu/>
- European Committee for Standardization. (2001). *Adhesives—Wood adhesives for non-structural applications—Determination of tensile shear strength of lap joints* (EN 205:2001). Brussels, Belgium: CEN.
- European Committee for Standardization. (2010). *Particleboards—Specifications* (EN 312:2010). Brussels, Belgium: CEN.
- European Committee for Standardization. (2013). *Wood-based panels—Determination of modulus of elasticity in bending and bending strength* (EN 310:2013). Brussels, Belgium: CEN.
- European Committee for Standardization. (2014). *Moisture content of a piece of sawn timber—Part 1: Determination by oven dry method* (EN 13183-1:2014). Brussels, Belgium: CEN. <https://www.cen.eu/standards/>
- European Committee for Standardization. (2016). *Classification of thermoplastic wood adhesives for non-structural applications* (EN 204:2016). Brussels, Belgium: CEN.
- European Committee for Standardization. (2016). *Plywood—Specifications—Part 2: Requirements for plywood for use in humid conditions* (EN 636-2:2016). Brussels, Belgium: CEN.
- European Committee for Standardization. (2019). *Solid wood panels (SWP) for internal use—Requirements* (EN 13353:2019). Brussels, Belgium: CEN.
- Frühwald, A. (2019). Reclaimed timber for sustainable construction materials. *Holzforschung*, 73(5), 421–430. doi.org/10.1515/hf-2018-0201
- Gayda, S. V. (2023). Determination of the circularity indicator in the forest sector according to the principles of the circular economy. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 49, 99–114. <https://doi.org/10.36930/42234908> [Гайда, С. В. (2023). Визначення показника циркулярності в лісовому секторі за принципами циркулярної економіки. *Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість*, 49, 99–114.] (in Ukrainian)
- Gayda, S. V., & Kiyko, O. A. (2021). Properties of used wood as a determining factor in the quality of furniture products. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 23, 152–162. <https://doi.org/10.15421/412135> [Гайда, С. В., Кійко, О. А. (2021). Властивості ВЖД як важливий чинник якості конструкційних матеріалів. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 23, 152–162.] (in Ukrainian)
- Gayda, S. V., & Medvid, L. V. (2024). Construction of the mathematical model of the strength of post-consumer wood made blockboard of different designs. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 27, 189–198. <https://doi.org/10.15421/412426> [Гайда, С. В., Медвідь, Л. В. (2024). Побудова математичної моделі міцності столярних плит різних конструкцій із ВЖД. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 27, 189–198.] (in Ukrainian)
- Gayda, S. V., & Medvid, L. V. (2025). Establishing the dependence of the surface-cleaning depth of post-consumer wood blanks on the operating parameters of a needle-milling machine. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 35(6), 25–32. <https://doi.org/10.36930/40350603> [Гайда, С. В., Медвідь, Л. В. (2025). Встановлення залежності глибини поверхневого очищення заготовок із вживаної деревини від режимів роботи голкофрезерного верстату. *Науковий вісник НЛТУ України*, 35(6), 25–32.] (in Ukrainian)
- Krč, J., & Hrázský, J. (2021). Mechanical properties of reclaimed pine timber. *Construction and Building Materials*, 294, 123143. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.123143>
- Krzosek, S. (2022). Hybrid solid wood panels with mixed wood species. *Wood Structure*, 5(2), 145–153. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0016.1030>
- Lagaña, R., & Lanvin, M. (2018). Hybrid particle–solid wood panels: Structure and strength. *Forest Products Journal*, 68(2), 115–123. <https://doi.org/10.13073/FPJ-D-17-00047>
- Lee, S. H., & Kim, H. (2021). Density-sorting method for reclaimed timber optimization. *Journal of Wood Science*, 67(3), 199–208. doi.org/10.1186/s10086-021-01964-7
- Lesiv, L. E. (2020). Study of the characteristics of combined blockboards made of post-consumer wood. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 48, 69–86. doi.org/10.36930/42224806 [Лесів, Л. Е. (2022). Дослідження характеристик комбінованих столярних плит із ВЖД. *Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість*, 48, 69–86.] (in Ukrainian)
- Lesiv, L. E. (2025). Theoretical substitution of the patterns of the influence of components from post-consumer wood on the physical and mechanical characteristics of combined

- blockboards. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 51, 80–93. <https://doi.org/10.36930/42255106> [Лесів, Л. Е. (2025). Теоретичне обґрунтування закономірностей впливу складових елементів із вживаної деревини на фізико-механічні характеристики комбінованих столярних плит. *Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість*, 51, 80–93.] (in Ukrainian)
- Lesiv, L. E., & Gayda, S. V. (2023). Mathematical model of forecasting volumes of post-consumer wood production. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 49, 33–47. <https://doi.org/10.36930/42234903> [Лесів, Л. Е., Гайда, С. В. (2023). Математична модель прогнозування обсягів утворення ВЖД. *Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість*, 49, 33–47.] (in Ukrainian)
- Lesiv, L. E., Gayda, S. V., & Salapak, L. V. (2024). Development of a mathematical model of the strength of joined preparations from post-consumer fir wood. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 50, 16–28. <https://doi.org/10.36930/42245002> [Лесів, Л. Е., Гайда, С. В., Салапак, Л. В. (2024). Розроблення математичної моделі міцності зрощених заготовок із ВЖД ялиці. *Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість*, 50, 16–28.] (in Ukrainian)
- Lutsenko, A. O. (2025). Formulation of a mathematical model of adaptive furniture design within the IMOS CAD environment. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 51, 135–150. <https://doi.org/10.36930/42255110> [Луценко, А. О. (2025). Побудова математичної моделі адаптивного проектування меблів у середовищі IMOS. *Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість*, 51, 135–150.] (in Ukrainian)
- Medvid, L. V. (2018). Systematization of wood waste – the basis of their effective use. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 44, 91–104. <https://doi.org/10.36930/42184412> [Медвідь, Л. В. (2018). Систематизація деревинних відходів – основа їх ефективного використання. *Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість*, 44, 91–104.] (in Ukrainian)
- Medvid, L. V. (2021). Post-consumer wood – an additional reserve of raw materials for construction materials. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 47, 34–46. <https://doi.org/10.36930/42214706> [Медвідь, Л. В. (2021). ВЖД – додатковий резерв сировини для конструкційних матеріалів. *Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість*, 47, 34–46.] (in Ukrainian)
- Medvid, L. V. (2023). Determination of the strength indicators of normal blockboard made of post-consumer wood. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 49, 85–98. <https://doi.org/10.36930/42234907> [Медвідь, Л. В. (2023). Визначення показників міцності звичайних столярних плит із ВЖД. *Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість*, 49, 85–98.] (in Ukrainian)
- Murray, A., Skene, K., & Haynes, K. (2017). The circular economy: An interdisciplinary exploration of the concept and application in a global context. *Journal of Business Ethics*, 140(3), 369–380. <https://doi.org/10.1007/s10551-015-2693-2>
- Podibka, T. I., & Kiyko, O. A. (2019). A study of the influence of the transverse dimensions of beech strips on the form stability of furniture board. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 45, 155–171. doi.org/10.36930/42194521 [Подібка, Т. І., Кійко, О. А. (2019). Дослідження впливу поперечних розмірів букових рейок на формостійкість меблевих щитів. *Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість*, 45, 155–171.] (in Ukrainian)
- Ratajczak, E., & Szostak, A. (2003). Wood waste resources in Poland. *Czysta Energia*, 6, 122–125. <https://www.drewno.pl/artykuly/1399,zasoby-odpadow-drzewnych-w-polsce.html> [Ratajczak, E., Szostak, A. (2003). Zasoby odpadów drzewnych w Polsce. *Czysta Energia*, 6, 122–125.] (in Polish)
- Reike, D., Vermeulen, W. J. V., & Witjes, S. (2018). The circular economy: New or refurbished as CE 3.0? Exploring controversies in the conceptualization of the circular economy through a focus on history and resource value retention options. *Resources, Conservation and Recycling*, 135, 246–264. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.08.027>
- Risse, M. (2020). Reuse of wood elements in composite panels. *Wood Research*, 65(4), 581–592. <https://www.woodresearch.sk>
- Suominen, T., Kunttu, J., Jasinevičius, G., Tuomasjukka, D., & Lindner, M. (2017). Trade-offs in sustainability impacts of introducing cascade use of wood. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 32(7), 588–597. <https://doi.org/10.1080/02827581.2017.1342859>
- Titus, B. D., Brown, K., Helmisaari, H.-S., Vanguelova, E., Stupak, I., Evans, A., ... Reece, P. (2021). Sustainable forest biomass: A review of current residue harvesting guidelines. *Energy, Sustainability and Society*, 11, 10. <https://doi.org/10.1186/s13705-021-00281-w>
- Tuomasjukka, D., Athanassiadis, D., & Vis, M. (2017). Threefold sustainability impact assessment method comparison for renewable energy value chains. *International Journal of Forest*

- Engineering*, 28(2), 116–122. <https://doi.org/10.1080/14942119.2017.1318549>
- Werner, F., Taverna, R., Hofer, P., Thürig, E., & Kaufmann, E. (2010). National and global greenhouse gas dynamics of different forest management and wood use scenarios: A model-based assessment. *Environmental Science & Policy*, 13(1), 72–85. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2009.10.004>
- Zajac, G. (2023). Combined wooden boards with recycled layers. *Wood Engineering*, 7(1), 22–33. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0016.0123>

The influence of the properties of structural elements made of post-consumer wood on the strength characteristics of composite blockboards

S. Gayda¹, L. Lesiv²

The article presents the results of a study on the patterns of influence of structural elements (slats) made of reclaimed post-consumer wood on the physical and mechanical properties of composite blockboards. The relevance of the study is determined by the need to implement circular economy principles in the woodworking industry, where reclaimed used wood is considered a valuable secondary raw material. The object of the study is panel-type boards with a core formed from slats of various widths, species, and materials (solid wood and particleboard-based slats), faced with plywood on both sides. The aim of the study is to establish how the parameters of slats (width, species, material type, and share of solid wood) affect bending and shear strength along the grain. Experimental panels measuring 500 × 500 × 22 mm were manufactured from reclaimed pine and beech wood, partially combined with slats made from particleboard. The tests were conducted in accordance with EN 310:2013 and EN 205:2001 standards. Increasing the slat width from 30 to 60 mm reduced bending strength by 10–11%, while alternating pine and beech slats increased it by 8%. Incorporating 40% of particleboard-based slats reduces solid wood consumption by up to 40% while maintaining acceptable strength values ($\sigma_b = 33.8$ MPa, $\tau = 5.3$ MPa). Empirical models were developed to describe the relationship between slat geometry and mechanical performance: $\sigma_b = 12.7 + 0.028p + 0.19m - 0.11b$ ($R^2 = 0.93$). The optimal configuration was found to be 30–40 mm wide slats with alternating softwood (pine) and hardwood (beech) layers, containing at least 60% solid wood.

It is shown that the strength of composite panels made of reclaimed wood amounts to 89–94%

of that of panels made from new wood, which confirms their potential for industrial use, particularly in furniture and interior applications. The obtained results provide a scientific basis for developing resource-efficient technologies for producing environmentally sustainable composite wood materials in the context of the circular economy.

It was found that composite boards based on reclaimed-wood slats have a high potential for introduction into production as an environmentally sustainable structural material. Patterns have been established that can be used in the development of adaptive engineering models, which will allow predicting the properties of blockboards depending on their composition and structure.

Prospects for further research on the use of reclaimed wood are proposed, which involve studying the influence of operational factors (changes in moisture, temperature, cyclic loads) on the durability of composite boards made of reclaimed wood with the aim of their further use in production purposes; optimizing adhesive systems for the study of polyurethane and bioadhesives to enhance the environmental safety and water resistance of joints during re-pressing; examining structural defects in reclaimed wood slats using ultrasonic diagnostics to develop a non-destructive sorting system before gluing; and developing recommendations for the production of composite blockboards using post-consumer wood at woodworking enterprises.

Key words: wood properties; panel construction; slats; bending strength; shearing strength; circular economy; reuse; PVA glue; plywood; solid wood; particleboard.

¹Serhiy Gayda – Full Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Doctor of Engineering Sciences, Professor at the Department of Furniture Production Techniques and Wood Products Technology. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka St., Lviv, 79057, Ukraine. E-mail: serhiy.hayda@nltu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7468-5661>

²Lev Lesiv – Postgraduate student at the Department of Furniture Production Techniques and Wood Products Technology. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka St., Lviv, 79057, Ukraine. E-mail: lev.lesiv@nltu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-3959-5447>



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

<http://fasu.nltu.edu.ua>
<https://doi.org/10.36930/412537>
Article received 2025.04.21
Article revised 2025.10.11
Article accepted 2025.10.23
Article published 2026.03.18

ISSN 1991-606X print
ISSN 2616-5015 online
@ ✉ Correspondence author
Pavlo Bekhta
bekhta@ukr.net
103 General Chuprynka St.,
Lviv, 79057, Ukraine

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 (CC BY 4.0) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)



УДК 674-419.32

Вплив часткового заміщення деревини жомом цукрових буряків на фізичні властивості стружкових плит

В.В. Гаманчук¹, П.А. Бехта², Т. Піпішка³, Й. Рагель⁴ Я. Гофман⁵

Збільшення темпів зрубівання лісів обмежує доступність деревини, підвищує її вартість і загострює конкуренцію за сировину, що ускладнює сталий розвиток деревообробної промисловості. Це стимулює пошук альтернативних джерел сировини для часткової або повної заміни деревини у виробництві деревинних композиційних матеріалів. Використання агровідходів дає змогу зменшити залежність від деревини, скоротити виробничі витрати та знизити негативний вплив на довкілля, одночасно створюючи додаткову економічну цінність із відходів сільськогосподарського виробництва. Мета роботи полягала у з'ясуванні впливу часткової або повної заміни деревної стружки жомом цукрових буряків (ЖЦБ) на фізичні властивості стружкових плит. Виготовляли одношарові плити з номінальною щільністю 600 та 750 кг/м³ з різними об'ємними співвідношеннями деревини та ЖЦБ: 100 : 0, 75 : 25, 50 : 50,

¹ Гаманчук Володимир Вікторович – аспірант кафедри технологій лісопиляння, столярних і дерев'яних будівельних виробів. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. E-mail: 24hamanchuk.v@nltu.lviv.ua ORCID <https://orcid.org/0009-0004-9413-9990>

² Бехта Павло Антонович – академік Лісівничої академії наук України, доктор технічних наук, професор кафедри технологій деревинних композиційних матеріалів, целюлози та паперу. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. E-mail: bekhta@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4320-5247>

³ Томаш Піпішка – доктор філософії, науковий працівник кафедри науки про деревину і деревообробних технологій. Університет Менделя в Брно, Zemědělská 1, Брно, 613 00, Чехія. E-mail: tomas.pipiska@mendelu.cz ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8096-4376>

⁴ Йозеф Рагель – доктор природничих наук, доцент кафедри науки про деревину і деревообробних технологій. Університет Менделя в Брно, Zemědělská 1, Брно, 613 00, Чехія. E-mail: jozef.rahel@mendelu.cz ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2850-8039>

⁵ Якуб Гофман – інженер кафедри науки про деревину і деревообробних технологій. Університет Менделя в Брно, Zemědělská 1, Брно, 613 00, Чехія. E-mail: jakub.hofman@centrum.cz

25 : 75 та 0 : 100%. Для склеювання частинок застосовували полімерний дифенілметандіізоціанатний (pMDI) клей. Досліджували фракційний склад і насипну щільність частинок, щільність, набрякання за товщиною і водопоглинання плит.

Ситовий аналіз показав, що частинки ЖЦБ мають менший розмір, пористу та нерівну форму, що призводить до нижчої ефективності ущільнення порівняно з деревиною. Обидва типи частинок добре змочуються водою, забезпечуючи подібне покриття клеєм pMDI та парафіновою емульсією. Зі збільшенням частки ЖЦБ зростали вологість, щільність та набрякання плит, при цьому набрякання демонструвало сильну лінійну кореляцію з вмістом ЖЦБ ($R^2 = 0,93$). Найвищі значення набрякання були зафіксовані для плит з 100% вмістом ЖЦБ (37,3–39,5%), тоді як плити з деревини мали найнижче набрякання (12,6%). Використання клею pMDI дало змогу, навіть за високого вмісту ЖЦБ, значно знизити набрякання плит.

За результатами дослідження, часткова або повна заміна деревини на ЖЦБ є ефективним способом підвищення екологічної сталості виробництва стружкових плит, зменшення використання лісових ресурсів та збереження або покращення основних фізичних властивостей матеріалу.

Ключові слова: альтернативна сировина; деревинні композиційні матеріали; агровідходи; набрякання за товщиною; водопоглинання; щільність; pMDI.

Вступ (Introduction).

Серед деревинних композиційних матеріалів стружкова плита (СП) залишається одним із найпоширеніших у світі (рис. 1). Ці плити широко застосовують у меблевій, будівельній, транспортній і пакувальній промисловості. За даними Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН (FAO), світове виробництво стружкових плит становило 116,6 млн м³ (FAOSTAT, 2024a),

що відповідає 29,9% загального обсягу виробництва деревинних композитів. Найбільша частка припадає на Азію – 50,9% (59,3 млн м³), менше – на Європу (44,0 млн м³, або 37,7%), Америку (11,0 млн м³, або 9,4%), Африку (1,2 млн м³, або 1,0%) та Океанію (1,1 млн м³, або 1,0%) (рис. 2). У цей же період виробництво стружкових плит в Україні перевищило 2,6 млн м³, що становить 2,2% світового та 5,9% європейського виробництва.

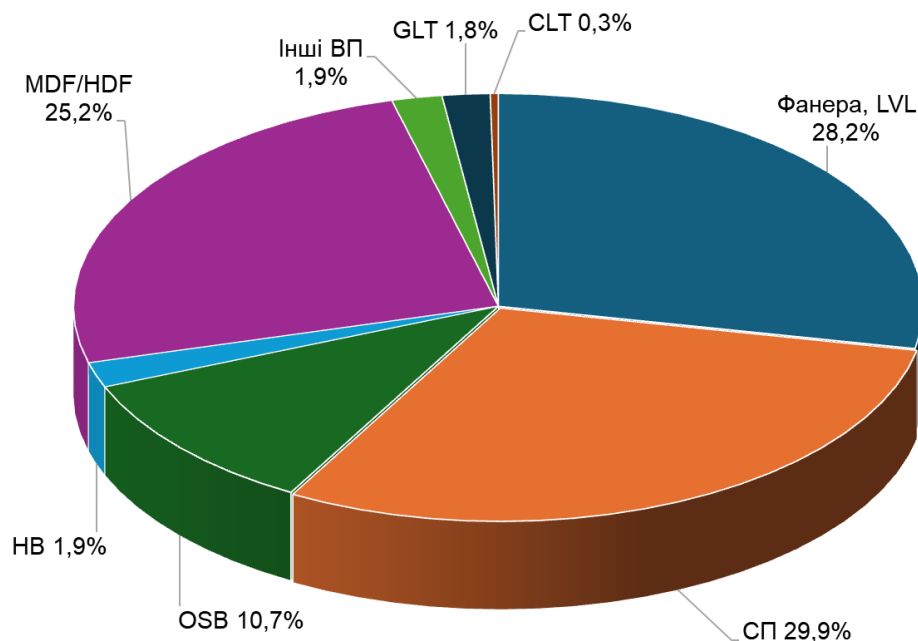


Рис. 1. Світове виробництво деревинних композитів (в %) (за даними FAO станом на 1.04.2025) (* LVL – клеєний брус; СП – стружкова плита; OSB – орієнтовано-стружкова плита; HB – тверда волокниста плита; MDF/HDF – волокниста плита середньої/високої щільності; GLT – клеєна деревина (глулам); CLT – перехресно-клеєна деревина)

Global production of wood-based composites (in %) (according to FAO data as of 1 April 2025)

Fig. 1. (LVL – laminated veneer lumber; СП – particleboard; OSB – oriented strand board; HB – hard-board; MDF/HDF – medium/high density fibreboard; GLT – glue-laminated timber (glulam); CLT – cross-laminated timber)

Клейові матеріали та деревинна стружка є двома основними компонентами стружкових плит. Близько 95% клеїв, що застосовують у виробництві деревинних плит, містять формальдегід. Найпоширенішими клейовими системами у виробництві СП є карбамідоформальдегідні (UF), меламіноформальдегідні (MF) та фенолформальдегідні (PF) смоли (Dunky, 2003). Серед них UF

смоли, річне світове споживання яких оцінюється приблизно у 11 млн тонн твердих речовин, є домінуючими. Завдяки хімічній універсальності, високій реакційній здатності, водорозчинності, низькій температурі та короткому часу пресування, безбарвному шву та відносно низькій вартості, частка їхнього використання становить близько 85%.

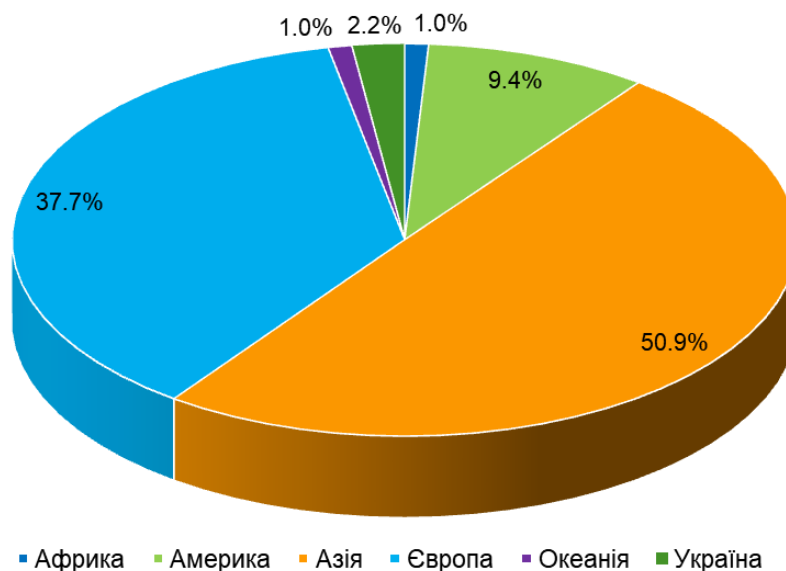


Рис. 2. Світове виробництво деревинних композитів (в %) за континентами (за даними FAO станом на 1.04.2025)

Fig. 2. Global production of wood composites (in %) by continent (according to FAO data as of April 1, 2025)

Вміст деревини в стружкових плитах становить близько 90%, тому їхні властивості істотно залежать від типу деревної сировини, що використовується у виробництві. Тип сировини впливає не лише на експлуатаційні характеристики готової плити, але й на параметри технологічного процесу та кінцеву собівартість продукції. Вартість основних матеріалів, клею та деревинної стружки, становить основну частку витрат на виготовлення стружкових плит. Загальна вартість матеріалів становить 40–60% від собівартості продукції. Повідомлялося, що на клей припадає 30–50% матеріальних витрат у виробництві СП, тоді як частка деревинної стружки становить 50–70% (Solt et al., 2019). Таким чином, частка клею та стружки у загальній структурі витрат оцінюється на рівні 15–30% та 30–40% відповідно. Інші ключові складові витрат, такі як енергія, заробітна плата та операційні витрати становлять приблизно 15–20%, 5–20% та 25–30% відповідно. За даними Klimek & Wimmer (2017), деревинна стружка є другим найдорожчим компонентом після клею, на частку якої припадає близько 20% загальних виробничих витрат. Безсумнівним є те, що матеріальні витрати,

які включають клей і стружку, часто перевищують половину загальної собівартості виробництва. При цьому вартість сільськогосподарської біомаси в середньому на 50% нижча, ніж вартість деревної тріски (Klimek, & Wimmer, 2017). У зв'язку з цим, заміна деревної тріски альтернативною недеревною сировиною може забезпечити суттєве зниження виробничих витрат.

Постійно зростаючий попит на стружкові плити, з одного боку, та посилення конкуренції – з іншого, стимулюють пошук додаткових джерел сировини, які могли б частково або повністю замінити деревину у їх виробництві. Одним із перспективних напрямів є використання побічних продуктів сільськогосподарського виробництва та переробки агропродовольчої продукції. Щорічно у світі нагромаджується значний обсяг такої біомаси.

Серед різноманітних видів агросировини важливе місце посідає цукровий буряк. У 2023 р. світове виробництво цукрових буряків становило приблизно 282 млн тонн, з яких Європа забезпечила 188,5 млн тонн (близько 67%), зокрема Україна – 13,1 млн тонн (~4,7% світового та ~7% європейського виробництва) (FAOSTAT, 2024b).

Під час переробки буряка отримують цукор, мелясу, буряковий жом та фільтраційний осад. Жом цукрових буряків (ЖЦБ) є одним із основних побічних продуктів цукробурякового виробництва. З огляду на великі обсяги переробки цукрового буряка та високий вихід сирого жому (80–83% від маси переробленої сировини), його утилізація, зберігання і транспортування становлять значну виробничу та екологічну проблему. Водночас буряковий жом має потенціал для використання як альтернативна недеревинна сировина у виробництві стружкових плит.

ЖЦБ є цінним джерелом клітковини та має широкий спектр застосувань, зокрема у виробництві паперу, синтезі карбоксиметилцелюлози, отриманні целюлозних мікрофібрил та як волокнистий компонент у біорозкладних композитах (Dinand, Chanzy, & Vignon, 1999; Togrul, & Arslan, 2003; Finkenstadt, Liu, & Willett, 2007; Fišerová, Gigac, & Butaš, 2007; Leitner et al., 2007; Li et al., 2012; Marzo-Gago, Díaz, & Blandino, 2023; Schirp et al., 2024). Численні дослідження засвідчили ефективність включення ЖЦБ до полімолочної кислоти (PLA), що забезпечує підвищення механічних властивостей і пришвидшену біодеградацію композитів (Li et al., 2012; Schirp et al., 2024). Волокна ЖЦБ також є перспективними армувальними компонентами для матриць полівінілового спирту (PVA), поліетилену низької (LDPE) і високої (HDPE) щільності та жорстких поліуретанових піні (Shen, Ghasemlou, & Kamdem, 2015; Karakus, Birbilen, & Mengeloglu, 2016; Hietala, Sain, & Oksman, 2017; Akdogan, & Erdem, 2021; Boussetta et al., 2023). Показано, що голоцелюлоза з цукрового буряка придатна для виготовлення високоміцних композитних плівок (Šimkovic et al., 2017), а композити на основі ЖЦБ та крохмалю можуть забезпечувати ефективну тепло- та звукоізоляцію (Karaku et al., 2019).

ЖЦБ також розглядали як сировину для виробництва стружкових плит. На сьогодні лише три дослідження оцінювали можливість використання ЖЦБ у виробництві СП (Borysiuk et

al., 2019; Pinkl et al., 2020; Auriga et al., 2023). У цих роботах застосовували UF-смоли, а додавання ЖЦБ призводило до збільшення водопоглинання та набрякання плит за товщиною.

На відміну від зазначених досліджень, в яких для склеювання частинок ЖЦБ з деревними частинками використовували UF-клеї, у цьому дослідженні застосовано полімерні метилендіізоціанатні (pMDI) клеї, що забезпечують вищу міцність склеювання та підвищену стійкість до дії води і впливу кліматичних умов (Dunky, 2003).

Часткова або повна заміна деревини на ЖЦБ може бути ефективним способом підвищення екологічної сталості виробництва стружкових плит, зменшення використання лісових ресурсів та збереження або навіть покращення основних фізичних властивостей матеріалу. У цьому контексті актуальність дослідження не викликає сумнівів.

Мета роботи – з'ясувати вплив часткової або повної заміни деревинної стружки жомом цукрових буряків на фізичні властивості стружкових плит.

Матеріали і методи дослідження (Materials and methods).

Об'єкт дослідження – процес виготовлення стружкових плит із використанням жому цукрових буряків (ЖЦБ). *Предмет дослідження* – фізичні властивості стружкових плит, виготовлених із застосуванням ЖЦБ.

Для виготовлення одношарових стружкових плит використовували жом цукрових буряків (рис. 3а) вологістю $3,11 \pm 0,26\%$ та промислові частинки ялинової деревини (рис. 3б) вологістю $3,64 \pm 0,13\%$. У досліді застосовували полімерну дифенілметандіізоціанатну (pMDI) смолу (ONGRONAT® WO 2750; BorsodChem Zrt., Угорщина) з вмістом твердих речовин 100% та в'язкістю 170–230 мПа·с, а також водну емульсію парафінового воску (SVH – 60) з вмістом твердих речовин $60 \pm 2\%$ та в'язкістю приблизно 24 мПа·с.



Рис. 3. Жом цукрового буряка (а) та деревинні частинки (б), що використовували для виготовлення стружкових плит

Fig. 3. Sugar beet pulp (a) and wood (b) particles used for the manufacture of particleboards

Візуальну та морфологічну характеристику частинок ЖЦБ і деревини здійснювали за допомогою 3D оптичного профілометра KEYENCE VR-6000 з високою роздільною здатністю за збільшення 40× та 120×. Змочуваність поверхні оцінювали методом краплі на поверхні (sessile drop) за допомогою системи SEE Instruments (Чеська Республіка) з використанням 50% розчину K₂CO₃, що володіє більшою поверхневою вільною енергією (97 мДж/м² проти 72,8 мДж/м² для води). Контактний кут визначали через дотичну до точки трьох фаз, і остаточне значення обчислювали на основі 30 вимірювань.

Вміст вологи (МС) частинок значно впливає на фізичні і механічні властивості стружкових плит. Точне визначення МС є необхідним для оптимізації технологічного процесу та забезпечення якості продукції. Перед використанням вміст вологи частинок ЖЦБ і деревини визначали за допомогою аналізатора вологи RADWAG MAC 210 (рис. 4).

Для розрахунку МС (%) використовували таке рівняння:

$$MC = \frac{m_w - m_0}{m_0} \cdot 100, \quad (1)$$

де m_w – маса вологих частинок (г), m_0 – маса сухих частинок (г).



Рис. 4. Вимірювання вмісту вологи за допомогою аналізатора вологості RADWAG MAC 210

Fig. 4. Measurement of moisture content (MC) using the RADWAG MAC 210 moisture analyzer

Фракційний склад частинок визначали методом ситового аналізу з використанням лабораторного вібраційного ситового аналізатора Fritsch Analysette 3 (CHROMSPEC-SLOVAKIA, Словаччина) із ситами розміром 5 мм, 3,15 мм, 2 мм, 1 мм, 500 мкм, 250 мкм та пилом (рис. 5).

Виготовляли одношарові плити розміром 600 × 600 × 12 мм із середньою щільністю 600 та 750 кг/м³. Сировину змішували у таких співвідношеннях (ЖЦБ / деревина): 100 : 0, 50 : 50, 0 : 100, 25 : 75 та

75 : 25. Всього було виготовлено шість варіантів плит (табл. 1). Для кожного варіанта виготовляли по три плити. Зразки Е та F складалися повністю з ЖЦБ із різною щільністю (600 та 750 кг/м³), а зразок А складався лише з деревини та використовувався як контрольний. Змішування та нанесення клею виконували в лабораторному барабанному змішувачі. При цьому смола та емульсія парафінового воску подавали через розпилювальні сопла.



Рис. 5. Аналіз фракцій частинок за допомогою вібраційного сита Fritsch Analysette 3

Fig. 5. Analysis of particle fractions using the Fritsch Analysette 3 vibrating sieve

Килим із частинок формували у лабораторній формі з ламінованої стружкової плити (рис. 6), а пресування здійснювали на пресі Strozatech HL 400 Mendel (рис. 7) за тиску 3,5 МПа і температури 180°C (30 с – закривання, 240 с – у робочій позиції та 80 с – для випуску повітря з

поступовим зниженням тиску). Після пресування плити витримували в контрольованому середовищі при 20°C і відносній вологості 65% впродовж 14 днів для затвердіння клею та вирівнювання вологості плит із навколишнім середовищем.

Таблиця 1. Варіанти виготовлених плит

Table 1. Variants of manufactured boards

Варіант	Щільність плит (кг/м ³)	Співвідношення ЖЦБ : деревина
A	600	0 : 100
B	600	25 : 75
C	600	50 : 50
D	600	75 : 25
E	600	100 : 0
F	750	100 : 0



Рис. 6. Стружковий пакет, приготований до пресування

Fig. 6. Chip mat prepared for pressing



Рис. 7. Прес для пресування плит

Fig. 7. Press used for pressing boards

Фізичні властивості (МС, щільність, профіль щільності та набрякання за товщиною) визначали на зразках розміром 50 × 50 мм. Вологість і щільність зразків визначали на десяти екземплярах розміром 50 × 50 мм відповідно до стандартів EN 322 (1993) та EN 323 (1993). Для визначення вологості використовували сушильну шафу SANYO. Зразки сушили за температури 103

± 2°C. Вологість H (в %) плит обчислювали за формулою, наведеною в EN 322 (1993):

$$H = \frac{m_H - m_0}{m_0} \cdot 100 \quad (2)$$

де m_H – маса зразка до сушіння, m_0 – після сушіння.

Набрякання за товщиною (TS) вимірювали відповідно до EN 317 (1996) на зразках розміром

50 × 50 мм після 24, 48 та 168 год. занурення у воду, використовуючи 12 зразків таких же розмірів. Набрякання за товщиною кожного зразка, виражене у відсотках від початкової товщини, обчислювали за формулою:

$$TS = \frac{t_2 - t_1}{t_1} \cdot 100 \quad (3)$$

де t_1 та t_2 – товщина зразка до та після занурення.

Статистичні розрахунки проводили за допомогою MS Excel, а дисперсійний аналіз (ANOVA), доповнений тестом значущості Tukey's (HSD-тест), здійснювали за допомогою програмного забезпечення Statistica 14 (StatSoft Inc., США).

Результати (Results).

Візуальний аналіз показав, що частинки ЖЦБ загалом менші за деревинні частинки і характеризуються пористою структурою та нерівною, шорсткою поверхнею. Через це ЖЦБ демонструє нижчу ефективність ущільнення порівняно з більш правильно сформованими частинками ялини. Зокрема, виміряна абсолютна щільність для ЖЦБ та частинок ялини становила 1183 ± 23 та 540 ± 11 кг/м³ відповідно. Як і очікувалося, ці значення дещо перевищують дані, наведені в літературі за вологості 12%: (912 ± 46) кг/м³ для ЖЦБ (Karaky et al., 2019) та (491 ± 63) кг/м³ для ялини європейської (середнє значення, розраховане за Gryc & Hořáček, 2007). Перевищення становить приблизно 20% для ЖЦБ і 10% для ялини. Виміряна насипна щільність для ЖЦБ і частинок ялини становила 253 ± 22 та 165 ± 19 кг/м³ відповідно.

Обидва матеріали повністю змочуються водою. Така гідрофільна властивість зумовлена, головним чином, великою кількістю полярних гідроксильних (–ОН) груп в обох матеріалах (Li et al., 2014).

Середні кути змочування розчином K₂CO₃ становили $140^\circ \pm 5^\circ$ для деревинних частинок та $135^\circ \pm 10^\circ$ для ЖЦБ. Відносно велике стандартне відхилення кутів змочування зумовлене, головним чином, нерівною поверхнею досліджуваних частинок. Отже, з огляду на подібність загальної змочуваності, можна передбачити, що під час змішування обидва типи частинок повинні отримати подібне покриття поверхні клеєм рMDI та парафіновою емульсією.

Ситовий аналіз (рис. 8) показав відносний розподіл окремих фракцій ЖЦБ та деревинних частинок, що використовують у виробництві стружкових плит. Найбільша частка деревинних частинок припадала на сито з отворами 5 мм і становила 43,23%. На ситах з отворами 1 мм і 2 мм відповідні частки становили 27,35% та 20,03%. Для сит з отворами 3,15 мм та 500 мкм частки становили 3,87% та 3,84% відповідно. Найменші фракції спостережено на ситі 250 мкм та в осаді на дні вібруючого сита, які становили 0,90% та 0,62% відповідно. Під час вимірювань відбувалися втрати матеріалу у вигляді пилу, що залишався в осередках сита, або частинок, що зачіплялися за його структуру, за загальних втрат 0,16%.

Для частинок ЖЦБ ситовий аналіз показав найвищу частку на ситі з отворами 2 мм, яка становила 54,95%. Значні частки також спостерігали на ситах з отворами 3,15 мм та 1 мм – 29,49 та 12,22% відповідно. Менші об'єми припадали на сито 5 мм (2,03%) і сито 500 мкм (1,11%). Найменші частки були зафіксовані на ситі 250 мкм та в осаді на дні сита, що становили 0,10 та 0,11% відповідно. Під час випробувань втрати матеріалу були мінімальними і становили лише 0,01%.

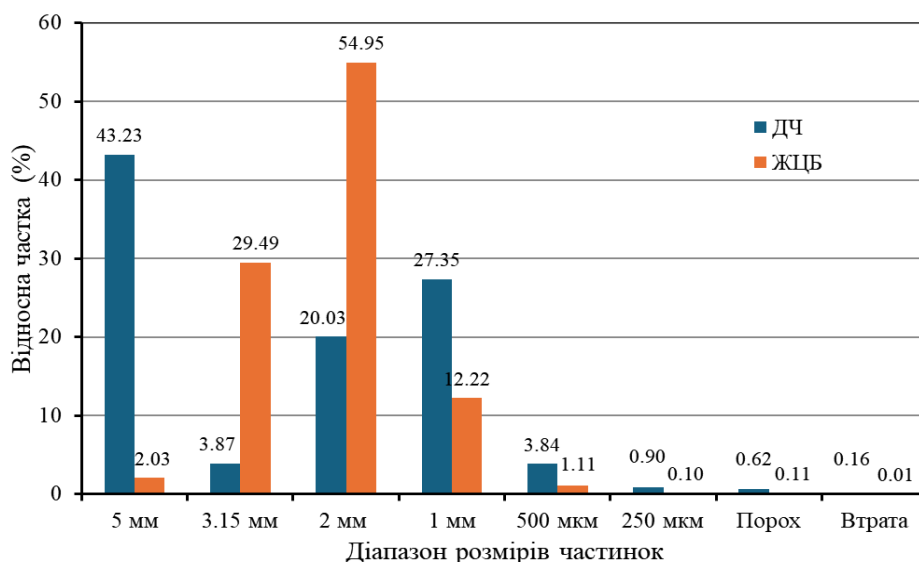


Рис. 8. Ситовий аналіз – відсоткове представлення жому цукрового буряка та деревинних частинок
Fig. 8. Sieve analysis - percentage representation of sugar beet pulp and wood particles

У табл. 2 наведено середні значення і стандартні відхилення вологості (МС), щільності та набрякання за товщиною (TS) плит, що містять різні співвідношення ЖЦБ і деревинних частинок. Вологість плит змінювалася від 8,8 до 10,7%. Зразки А, виготовлені виключно з деревинних

частинок, мали найнижчу вологість, тоді як зразки D та F, що містили 75% та 100% ЖЦБ відповідно, демонстрували найвищу вологість. Це підвищення МС у зразках з високим вмістом ЖЦБ, ймовірно, зумовлене здатністю ЖЦБ зв'язувати воду та наявністю пектину у його клітинних стінках.

Таблиця 2. Фізичні властивості плит
Table 2. Physical properties of tested boards

Варіант	МС (%)	Щільність (кг/м ³)	TS 24 год (%)	TS 48 год (%)	TS 168 год (%)
A	8,8 ± 0,3 a*	579 ± 18 a	13,0 ± 2,6 a	20,0 ± 3,1 a	25,9 ± 2,7 a
B	9,7 ± 0,1 b	585 ± 23 a	14,0 ± 2,7 a	22,1 ± 3,3 a	34,1 ± 4,3 b
C	9,2 ± 0,7 a	634 ± 20 bc	23,0 ± 4,6 b	32,5 ± 5,0 b	47,8 ± 5,8 c
D	10,7 ± 0,1 d	611 ± 21 b	27,2 ± 4,8 b	37,4 ± 5,0 c	52,2 ± 4,2 d
E	10,1 ± 0,5 c	642 ± 27 c	39,5 ± 8,1 c	45,9 ± 5,9 d	48,4 ± 3,8 cd
F	10,6 ± 0,2 d	732 ± 27 d	37,3 ± 6,6 c	50,1 ± 4,7 d	57,5 ± 2,8 e

*a,b,c,d,e – однорідні групи за тестом Tukey ($\alpha = 0,05$)

Дискусія (Discussion).

Додавання ЖЦБ суттєво впливає на щільність плит. Зі збільшенням частки ЖЦБ від 0% до 100% щільність плит зростає від 579 до 642 кг/м³, причому ця різниця є статистично значущою ($p < 0,05$). Збільшення щільності частково пояснюється вищою абсолютною щільністю ЖЦБ, яка вдвічі перевищує щільність деревинних частинок ялини.

Плити, що містять ЖЦБ, демонструють підвищене набрякання, причому найбільше відносне збільшення спостерігається у плитах, виготовлених виключно з ЖЦБ (див. табл. 2). Очевидно, що саме частинки ЖЦБ найбільше впливають на набрякання плити за товщиною. Найвищі значення TS після 24 год. склали 39,5 та 37,3% для зразків E та F відповідно, які одночасно мали найвищу щільність серед досліджуваних плит. На противагу цьому, найнижче значення TS (12,6%) було зафіксовано для зразка А, який складався

виключно з деревинних частинок. Відносний порядок значень TS між зразками зберігався і після 48 та 168 год. витримання у воді, природно, зі зростанням абсолютних значень TS.

Отримані результати добре узгоджуються з попередніми дослідженнями (Borysiuk et al., 2019; Auriga et al., 2023), які також відзначали збільшення водопоглинання та набрякання стружкових плит за підвищеного вмісту ЖЦБ. Водночас використання клею рMDI у нашому дослідженні забезпечило покращені значення TS впродовж 24 год., які були значно нижчими (14 та 23%) порівняно з даними, наведеними у роботах згаданих вище авторів (48 та 78%, а також 33,4 та 39,9% відповідно).

Сильну кореляцію ($R^2 = 0,93$) спостережено між TS та вмістом ЖЦБ. Ця залежність є лінійною, що свідчить про те, що зі збільшенням частки ЖЦБ у плиті значно зростає і набрякання за товщиною (рис. 9).

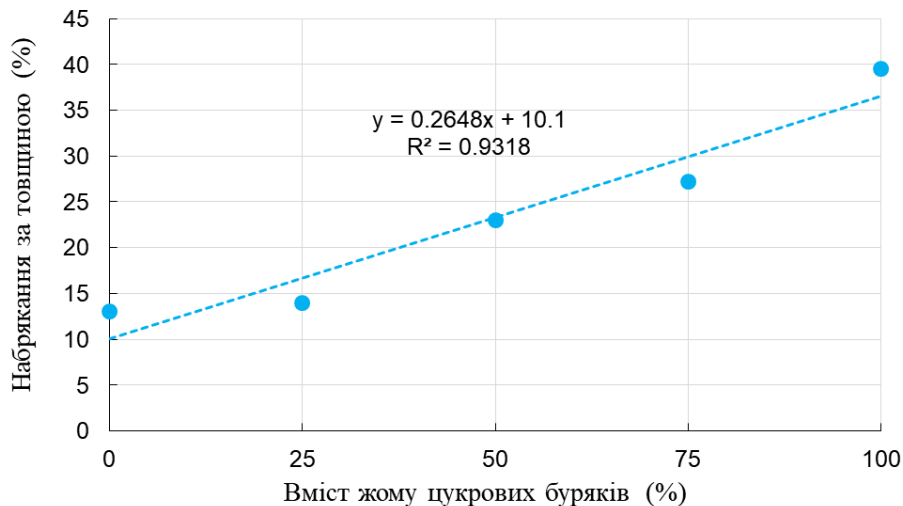


Рис. 9. Кореляція між набряканням за товщиною плит і вмістом ЖЦБ

Fig. 9. Correlation between the thickness swelling and content of the sugar beet pulp (SBP)

Порівняння отриманих значень із стандартом EN 312 (2010), який визначає мінімальні значення набрякання за товщиною на рівні 17% для стружкових плит типу Р3 (несучі плити для використання в умовах підвищеної вологості) та 16% – для типу Р4 (несучі плити для використання в сухих умовах) показало, що лише плити А та В відповідають цим стандартним вимогам. Решта плит (С, D, Е та F) перевищували зазначені в стандарті значення TS і відповідали лише вимогам до плит типу Р2, призначених для внутрішнього використання (зокрема меблів) у сухих умовах, для яких конкретне значення TS не встановлено.

Для стружкових плит, що містять ЖЦБ, особливо за 100% вмісту, значні зміни розмірів, пов'язані з TS, включали не лише зміни товщини, але й помітні бічні розмірні варіації. Таке виражене набрякання можна пояснити структурними та хімічними властивостями ЖЦБ. Вища пористість ЖЦБ забезпечує кращий доступ води до клітинних стінок. Крім того, підвищена кількість пектинів (Ziemiński, Romanowska, & Kowalska, 2012), відомих своєю здатністю зв'язувати воду, могла додатково сприяти підвищеному водопоглинанню.

Висновки (Conclusions).

Експериментальні дослідження дали змогу оцінити вплив часткової заміни деревинної стружки жомом цукрових буряків на фізичні властивості стружкових плит. Основні висновки полягають у такому.

1. Частинки ЖЦБ менші за деревинні частинки, мають нерегулярну форму та пористу поверхню, що знижує ефективність їх ущільнення у плитах.

2. Зі збільшенням частки ЖЦБ у плитах зростає вологість, щільність та набрякання за товщиною.

3. Використання клею рMDI забезпечує зниження набрякання плит навіть за високого вмісту ЖЦБ.

4. Плити з високим вмістом ЖЦБ перевищують обмеження, встановлені стандартом EN 312 для TS плит типу Р3 та Р4, проте відповідають вимогам типу Р2.

5. На набрякання плит найсуттєвіше впливає вміст ЖЦБ, що підтверджується лінійною кореляцією ($R^2 = 0,93$) між TS і часткою ЖЦБ.

6. Використання ЖЦБ у виробництві стружкових плит є перспективним підходом для часткової заміни деревини, зменшення витрат лісових ресурсів та підвищення екологічної сталості виробів, за збереження або покращення основних фізичних властивостей плит.

Конфлікт інтересів (Conflicts of Interest).

Автори заявляють про відсутність у них відомих конкуруючих фінансових інтересів чи особистих зв'язків, які могли б вплинути на результати, представлені у цій статті.

Список літератури (References)

- Akdogan, E., & Erdem, M. (2021). Improvement in physico-mechanical and structural properties of rigid polyurethane foam composites by the addition of sugar beet pulp as a reactive filler. *Journal of Polymer Research*, 28, 80. <https://doi.org/10.1007/s10965-021-02445-w>
- Auriga, R., Borysiuk, P., Latos, M., Auriga, A., Kwaśny, Ł., & Walkiewicz, J. (2023). Impact of Sugar Beet Pulp Share on Selected Physical and Mechanical Properties of Particleboards. *Forests*, 14(1), 40. <https://doi.org/10.3390/f14010040>
- Borysiuk, P., Jencyk-Tolloczko, I., Auriga, R., & Kordzikowski, M. (2019). Sugar beet pulp as raw material for particleboard production. *Industrial Crops and Products*, 141, 5. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111829>
- Boussetta, A., Benhamou, A. A., Barba, F. J. Grimi, N., Simirgiotis, M. J., & Moubarik, A. (2023). Effect of Cellulose Microfibers from Sugar Beet Pulp By-product on the Reinforcement of HDPE Composites Prepared by Twin-screw Extrusion and Injection Molding. *Journal of Bionic Engineering*, 20, 349–365. <https://doi.org/10.1007/s42235-022-00260-7>
- Dinand, E., Chanzy, H., & Vignon, R. M. (1999). Suspensions of Cellulose Microfibrils from Sugar Beet Pulp. *Food Hydrocolloids*, 13(3), 275–283. [https://doi.org/10.1016/S0268-005X\(98\)00084-8](https://doi.org/10.1016/S0268-005X(98)00084-8)
- Dunky, M. (2003). *Adhesives in the wood industry*. Pizzi, A., & Mittal, K. L. (Eds.) Handbook of adhesive technology, 2nd ed. Marcel Dekker Inc., New York, pp. 872–941. <https://doi.org/10.1201/9780203912225.ch47>
- EN 312 (2010). *Particleboards – Specifications*. European Committee for Standardization: Brussels, Belgium.
- EN 317 (1996). *Particleboards and Fibreboards – Determination of Swelling in Thickness after Immersion in Water*. European Committee for Standardization: Brussels, Belgium.
- EN 322 (1993). *Wood-Based Panels – Determination of Moisture Content*. European Committee for Standardization: Brussels, Belgium.
- EN 323 (1993). *Wood-Based Panels – Determination of Density*. European Committee for Standardization: Brussels, Belgium.
- Finkenstadt, V. L., Liu, L., Willett, J. L. (2007). Evaluation of Poly (lactic acid) and Sugar Beet Pulp Green Composites. *Journal of Polymers and the Environment*, 15, 1–6. <https://doi.org/10.1007/s10924-006-0038-z>
- Fišerová, M., Gigac, J., Butaš, R. (2007). Influence of sugar beet pulp on bond strength and structure of paper. *Wood Research*, 52(3), 59–74. https://www.researchgate.net/publication/290029555_Influence_of_sugar_beet_pulp_on_bond_strength_and_structure_of_paper

- Food and Agriculture Organisation of the United Nations, 2024a. FAOSTAT Data. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/FO> (accessed on 20 November 2025).
- Food and Agriculture Organisation of the United Nations, 2024b. FAOSTAT Data. www.fao.org/faostat/en/#data/QCL (accessed on 20 November 2025)
- Gryc, V., & Horáček, P. (2007). Variability in density of spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) wood with the presence of reaction wood. *Journal of Forest Science*, 53(3), 129–137. <https://doi.org/10.17221/2146-jfs>
- Hietala, M., Sain, S., & Oksman, K. (2017). Highly redispersible sugar beet nanofibers as reinforcement in bionanocomposites. *Cellulose*, 24(5), 2177–2189. <https://doi.org/10.1007/s10570-017-1245-6>
- Karakus, K., Birbilen, Y., & Mengeloglu, F. (2016). Assessment of selected properties of LDPE composites reinforced with sugar beet pulp. *Measurement*, 88, 137–146. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2016.03.039>
- Karaky, H., Maalouf, C., Bliard, C., Gacoin, A., Lachi, M., Wakil, N., & Polidori, G. (2019). Characterization of beet-pulp fiber reinforced potato starch biopolymer composites for building applications. *Construction and Building Materials*, 203, 711–721. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.01.127>
- Klimek, P., & Wimmer, R. (2017). Alternative raw materials for biobased composites. Alternative raw materials for biobased composites. In: *Proceedings of the international conference “Wood science and engineering in the third millennium”*. ICWSE 2017; 2–4 November 2017. Brasov, Romania. https://www.researchgate.net/publication/320909417_Alternative_raw_materials_for_bio-based_composites
- Leitner, J., Hinterstoisser, B., Wastyn, M., Keckes, J., & Gindl, W. (2007). Sugar beet cellulose nanofibril-reinforced composites. *Cellulose*, 14, 419–425. <https://doi.org/10.1007/s10570-007-9131-2>
- Li, M., Wang, L. J., Li, D., Cheng, Y. L., & Adhikari, B. (2014). Preparation and characterization of cellulose nanofibers from de-pectinated sugar beet pulp. *Carbohydrate Polymers*, 102(1), 136–143. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.11.021>
- Li, W., Coffin, D. R., Jin, T. Z., Latona, N., Liu, Ch.-K., Liu, B., Zhang, J., & Liu, L. (2012). Biodegradable Composites from Polyester and Sugar Beet Pulp with Antimicrobial Coating for Food Packaging. *Journal of Applied Polymer Science*, 126, 361–372. <https://doi.org/10.1002/app.36885>
- Marzo-Gago, C., Díaz, A. B., & Blandino, A. (2023). Sugar Beet Pulp as Raw Material for the Production of Bioplastics. *Fermentation*, 9(7), 655. <https://doi.org/10.3390/fermentation9070655>
- Pinkl, S., Veigel, S., Gindl-Altmutter, W., van Herwijnen, H., & Riegler, M. (2020). Effects of fibrillar cellulosic additives on particleboard production and properties. *Wood Material Science & Engineering*, 17(2), 106–112. <https://doi.org/10.1080/17480272.2020.1786722>
- Schirp, A., Deetz, R., Kopitzky, R., & Schirp, C. (2024). Composite sheets based on polylactic acid and sugar beet pulp: A solution to accelerate biological degradation of PLA on soil under outdoor exposure. *Polymer Composites*, 1–22. <https://doi.org/10.1002/pc.28840>
- Shen, Z., Ghasemlou, M., & Kamdem, D. P. (2015). Development and compatibility assessment of new composite film based on sugar beet pulp and polyvinyl alcohol intended for packaging applications. *Journal of Applied Polymer Science*, 132(4), 1–8. <https://doi.org/10.1002/app.41354>
- Solt, P., Konnerth, J., Gindl-Altmutter, W., Kantner, W., Moser, J., Mitter, R., & van Herwijnen, H. W. G. (2019). Technological performance of formaldehyde-free adhesive alternatives for particleboard industry. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 94, 99–131. <https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2019.04.007>
- Šimkovic, I., Kelnar, I., Mendichi, R., Bertok, T., & Filip, J. (2017). Composite films prepared from agricultural by-products. *Carbohydrate Polymers*, 156, 77–85. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2016.09.014>
- Togrul, H., & Arslan, N. (2003). Production of carboxymethyl cellulose from sugar beet pulp cellulose and rheological behaviour of carboxymethyl cellulose. *Carbohydrate Polymers*, 54, 73–82. [https://doi.org/10.1016/S0144-8617\(03\)00147-4](https://doi.org/10.1016/S0144-8617(03)00147-4)
- Ziemiński, K., Romanowska, I., & Kowalska, M. (2012). Enzymatic pretreatment of lignocellulosic wastes to improve biogas production. *Waste Management*, 32(6), 1131–1137. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2012.01.016>

Effect of partial and complete replacement of wood particles with sugar beet pulp on the physical properties of particleboards

V. Hamanchuk¹, P. Bekhta², T. Pipiška³, J. Ráhel⁴, J. Hofman⁵

The increase in deforestation limits the availability of wood, raises its cost, and intensifies competition for raw materials, thereby complicating the sustainable development of the wood-based panel industry. This stimulates the search for alternative raw material sources for the partial or complete replacement of wood in the production of wood-based composite materials. The use of agricultural residues makes it possible to reduce dependence on wood, lower production costs, and mitigate negative environmental impacts, while simultaneously creating additional economic value from agricultural waste.

Moreover, the wood content in particleboards is approximately 90%; therefore, their properties largely depend on the type of lignocellulosic raw material used in production. The type of raw material affects not only the performance characteristics of the finished board but also the parameters of the manufacturing process and the final production cost. The cost of primary materials, adhesives and wood particles, constitutes the major share of particleboard manufacturing expenses. The share of wood particles in the overall cost structure is estimated at 30–40%. The cost of agricultural biomass is, on average, about 50% lower than that of wood particles. In this regard, replacing wood particles with alternative non-wood raw materials may result in a significant reduction in production costs.

The aim of this study was to determine the effect of partial or complete replacement of wood particles with sugar beet pulp (SBP) on the physical properties of particleboards. Single-layer boards with target densities of 600 and 750 kg/m³ were manufactured using different volumetric ratios of wood and SBP: 100:0, 75:25, 50:50, 25:75, and 0:100%. Polymeric

diphenylmethane diisocyanate (pMDI) adhesive was used to bond the particles. The particle size distribution and bulk density of the particles, as well as the density, thickness swelling, and water absorption of the boards, were investigated.

Sieve analysis showed that SBP particles are smaller in size and have a porous and irregular shape, resulting in lower compaction efficiency compared to wood particles. Both types of particles exhibited good wettability with water, ensuring similar coverage with pMDI adhesive and paraffin emulsion. With increasing SBP content, the moisture content, density, and thickness swelling of the boards also increased, with thickness swelling showing a strong linear correlation with SBP content ($R^2 = 0.93$). The highest thickness swelling values were recorded for boards made with 100% SBP (37.3–39.5%), while boards made entirely of wood exhibited the lowest swelling (12.6%). The use of pMDI adhesive made it possible, even at high SBP contents, to significantly reduce board thickness swelling compared to values reported in the literature. Boards with a high SBP content exceed the EN 312 standard limits for thickness swelling of P3 and P4 boards but meet the requirements for P2 boards.

The results of the study indicate that partial or complete replacement of wood with SBP is an effective approach to improving the environmental sustainability of particleboard production, reducing the consumption of forest resources, and maintaining or improving the key physical properties of the material.

Key words: alternative raw material; wood composite materials; agricultural residues; thickness swelling; water absorption; density; pMDI adhesive.

¹ Volodymyr Hamanchuk – Postgraduate Student, Department of Sawmilling, Joinery and Wooden Building Products Technologies. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka St., Lviv, 79057, Ukraine. E-mail: 24hamanchuk.v@ntu.lviv.ua ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-9413-9990>

² Pavlo Bekhta – Full Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department of Wood-Based Composites, Cellulose and Paper. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka St., Lviv, 79057, Ukraine. E-mail: bekhta@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4320-5247>

³ Tomáš Pipiška – PhD, Researcher at the Department of Wood Science and Technology, Mendel University in Brno, 1 Zemědělská St., Brno, 613 00, Czech Republic. E-mail: tomas.pipiska@mendelu.cz ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8096-4376>

⁴ Jozef Ráhel – PhD, Associate Professor at the Department of Wood Science and Technology, Mendel University in Brno, 1 Zemědělská St., Brno, 613 00, Czech Republic. E-mail: jozef.rahel@mendelu.cz ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2850-8039>

⁵ Jakub Hofman – Engineer at the Department of Wood Science and Technology, Mendel University in Brno, 1 Zemědělská St., Brno, 613 00, Czech Republic. E-mail: jakub.hofman@centrum.cz



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

<http://fasu.nltu.edu.ua>
<https://doi.org/10.36930/412539>
Article received 2025.01.27
Article revised 2025.07.17
Article accepted 2025.09.18
Article published 2026.03.18

ISSN 1991-606X print
ISSN 2616-5015 online
@ ✉ Correspondence author
Ruslan Kozak
kozak_r@nltu.edu.ua
103 General Chuprynka St.,
Lviv, 79057, Ukraine

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 (CC BY 4.0) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)



УДК 674.815:631.572

**Експлуатаційні властивості легких стружкових плит з вмістом
стружки стебел соняшника та міскантуса**

Р.О. Козак¹, В.С. Бірук²

Досліджено вплив стружки зі стебел соняшника та міскантуса на окремі експлуатаційні властивості легких стружкових плит (СП). Встановлено, що зі збільшенням частки стружки зі стебел соняшника в легких тришарових стружкових плитах щільністю 550 кг/м³, склеєних КФ клеєм, експлуатаційні властивості покращуються за прямолінійною залежністю. У плит зі стружкою з стебел соняшника показники водопоглинання та набрякання впродовж 2 та 24 год є меншими порівняно з контрольними плитами з деревинної стружки і становлять 69,04 та 90,62% для плит з вмістом стружки соняшника і 72,64 та 95,40% – для контрольних плит. Опір витягуванню шурупа як з пласті, так і з торця плити зростає зі збільшенням частки стружки зі стебел соняшника у структурі плити.

У плит зі стружкою стебел міскантуса показники водопоглинання та набрякання впродовж 2 та 24 год є меншими порівняно з контрольними плитами з виключно деревинної стружки і становить 65,11 та 78,65% відповідно. Опір витягуванню шурупа як з пласті, так і з торця плити зростає зі збільшенням частки стружки зі стебел міскантуса у структурі плити. Для плит з вмістом міскантуса 100% цей показник становить 954 Н при витягуванні шурупа з пласті та 917 Н – при витягуванні шурупа з торця плити.

¹ Козак Руслан Олегович – член кореспондент Лісівничої академії наук України, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри технологій деревинних композиційних матеріалів, целюлози та паперу. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. E-mail: kozak_r@nltu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1297-9810>

² Бірук Володимир Сергійович – аспірант. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. E-mail: volodymyr.biruk@nltu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-7425-0769>

Комбінування стружки зі стебел соняшника та міскантуса у середньому шарі легких тришарових СП покращує їхні експлуатаційні властивості. Порівняно з плитами, виготовленими з 100% деревинної стружки, плити, виготовлені з комбінацій деревинної стружки, стружки стебла соняшника та міскантуса, мають менші показники водопоглинання та набрякання впродовж 2 та 24 год та більші показники опору витягуванню шурупа з пластів торця плити.

Ключові слова: щільність; композитні плити; недеревинні ресурси; лігноцелюлозні матеріали; карбамідоформальдегідний клей; водопоглинання; набрякання; опір витягуванню шурупа.

Вступ (Introduction).

Деревинні композити є важливими матеріалами для будівництва, суднобудування, елементів дизайну, виробництва меблів та інших галузей. Впродовж останніх двох десятиліть світовий обсяг виробництва стружкових плит (СП), що є основним сегментом продукції цих галузей, зріс на 70 % (FAO, Database). Організація Об'єднаних Націй також прогнозує підвищення попиту на деревинні вироби в найближчі десятиліття (FAO, 2020), що композити про посилення тиску на ліси, як основне джерело сировини. Згідно зі Стратегією Європейського Союзу щодо біорізноманіття на 2030 рік та цілями сталого розвитку ООН, кількість та якість лісів, їхній захист є невід'ємною частиною поточної глобальної та регіональної політики (Moog et al., 2022). Започаткований у 2019 р. проєкт «European Green Deal» вимагає обмеження вирубки лісів та збільшення площі заповідних територій з метою пом'якшення наслідків зміни клімату (Reyer, Guerike, & Ibsch, 2009; Köhl et al., 2021; De Lombaerde et al., 2022). Ці чинники, а також зростання цін на деревину та логістичні виклики змусили виробників СП шукати альтернативні сировинні матеріали. Зменшення використання деревини за збереження обсягів виробництва та властивостей деревинних композитів означало б підвищення їх ефективності і, таким способом, допомогло б зберегти деревинні ресурси. Як результат, багато виробників деревних плит тепер пропонують варіанти з меншою щільністю як частину свого асортименту продукції (Luo et al., 2020; Kelleci et al., 2025). Ці тенденції привертають увагу виробників плит і науковців до застосування недостатньо використаних недеревних ресурсів та до впровадження нових продуктів і виробничих концепцій, які підвищують ефективність використання деревинної сировини. Виробництво легких СП з вмістом лігноцелюлозних сільськогосподарських відходів дає змогу зменшити використання деревини, знизити собівартість плит та покращити їхню екологічність (Lee et al., 2022; Ikubanni et al., 2024). Саме тому такі дослідження є особливо актуальними в країнах з малою площею лісів, серед яких і Україна.

У працях низки дослідників (Teischinger, 2010; Shalbafan, Welling, & Luedtke, 2012; Monteiro et al., 2016; Kelleci et al., 2025) зазначено, що легкі плити набувають дедалі більшої популярності серед виробників і споживачів. Вони є вигідними для меблевої галузі, оскільки поєднують знижені показники щільності, високу ефективність використання ресурсів і збалансоване співвідношення маси до міцності. Зростання попиту на легкі та екологічні меблі формує потребу в інноваційних композитних матеріалах з покращеними експлуатаційними характеристиками. У цьому контексті розвиток технологій виготовлення легких плит вважається одним із ключових чинників майбутнього розвитку меблевої промисловості.

У роботі Ikubanni et al. (2024) стверджується, що традиційно СП виробляють виключно з ділової деревини, проте зараз зростає цікавість до використання відходів і залишків, утворених в процесі сільськогосподарської діяльності як сталої альтернативи. Сільськогосподарська біомаса нагромаджується у значній кількості і може слугувати ідеальною альтернативою для виробництва стружкових плит. Недеревні ресурси у виробництві СП, серед яких пшенична соломка, стебла кукурудзи (Şahinöz, Gürü, & Aruntaş, 2024), стебла перцю (Ikubanni et al., 2018), костриця коноплі (Kara, 2025), рисова соломка (Luo et al., 2020), рисове лушпиння (Yasina et al., 2010), стебла бавовни (Karahana et al., 2025), стебла ріпаку (Dukarska et al., 2017) та багато інших, уже були досліджені. Ці матеріали не тільки є екологічною альтернативою традиційним джерелам деревини, але й сприяють утилізації відходів, тим самим заохочуючи до застосування екологічно стійких методів сільського господарства.

Результати попередніх досліджень свідчать, що різні види лігноцелюлозної сировини по-різному впливають на властивості СП. Так, у роботі Ye et al. (2018) описано стружкові плити, які було виготовлено з використанням діальдегідного крохмалю (DAS) як клею та стружку з кукурудзяного стебла. У певному діапазоні температур гарячого пресування, щільності плити та дозування клею вдалося досягнути покращення фізико-ме-

ханічних властивостей плит. Водночас деякі дослідження демонструють, що заміна деревини альтернативними лігноцелюлозними матеріалами може призвести до погіршення механічних характеристик плит. Подібні негативні тенденції відзначено у випадку використання жорстких або крихких аграрних відходів, які мають обмежену здатність до формування міжчастинкових зв'язків. Позитивний чи негативний вплив від лігноцелюлозних матеріалів у виробництві СП багато в чому визначається вибором конкретного виду біомаси і тому дуже важливо під час заміни деревини обирати матеріали, котрі є доступними у значних кількостях і можуть задовольнити вимоги діючих стандартів.

У роботах Klimek et al. (2016), Taş & Kul (2020), Ikubanni et al. (2024) соняшник розглядають як один з основних відновлюваних лігноцелюлозних матеріалів, який використовують не лише для виробництва олії, але й як сировину для виготовлення стружкових плит. Соняшник є швидковідновлюваною сільськогосподарською культурою, яку вирощують у великих обсягах – близько 30-35 млн тонн щорічно по всьому світу (FAO, Database). У той час, як насіння соняшника є четвертим за обсягом джерелом рослинної олії у світі, його головки, стебла та листя переважно залишаються невикористаними після збирання врожаю. Ці залишки часто спалюють у неконтрольованих умовах, що призводить до забруднення довкілля. Щороку в світі нагромаджуються значні обсяги соняшникових відходів – близько 3-7 т сухої речовини з 1 га (Fortunati et al., 2016), які можуть бути використані як вторинна лігноцелюлозна сировина для виробництва легких стружкових плит. З огляду на це, вирощування і переробка соняшника має важливе стратегічне значення для економіки країни, і цим забезпечує стабільну базу сировини у вигляді стебел соняшника для виробництва стружкових плит.

У зв'язку з удосконаленням технологій переробки відходів та проблемами глобального потепління, а також прагненням до покращення екологічних умов, використання недеревних ресурсів зросло. На сьогодні агрозалишки вже широко застосовують і переробляють на різні корисні продукти. Це, насамперед, виробництво біогазу, енергетичне паливо у вигляді ущільненої біомаси (Scarlat, Dallemand, & Fahl, 2018; Kumar, Bhaskar, & Singh, 2020) тощо. Рациональне використання цих матеріалів дає змогу покращити контроль за забрудненням навколишнього середовища та зменшити екологічні проблеми. Однак потрібно розуміти, що зростання використання стебел соняшника для виробництва композиційних матеріалів призведе до конкуренції за їх застосування. Це спричинить переведення стебел соняшника з категорії "відходів" у категорію цінної

"побічної продукції". Зважаючи на це, з метою забезпечення стабільної сировинної бази та збереження позитивного впливу від використання стружки зі стебел соняшника у виробництві легких стружкових плит, варто розглянути ідею комбінування матеріалів.

В останні десятиріччя науковий інтерес до міскантуса та його вирощування зросли завдяки високому потенціалу врожайності лігноцелюлозної біомаси та низьким вимогам до ґрунту і використовуваних добрив. У кліматичних умовах південної та центральної Європи для виробництва біомаси рекомендують насамперед генотипи *Miscanthus sinensis* та *Miscanthus giganteus*, а для північної Європи також і *Miscanthus sinensis*. Однак на сьогодні комерційно вирощують лише *Miscanthus giganteus* (Clifton-Brown et al., 2015). Листя міскантуса довге, тонке і волокнисте, воно становить значну частину свіжої біомаси (30%). Залежно від генотипу та умов вирощування, рослина досягає висоти до 4 м. За прогнозами, міскантус зможе забезпечити 5% світових потреб в енергії до 2090 р. (Shepherd et al., 2020). Завдяки цьому, вирощування і виробництво лігноцелюлозної біомаси з міскантуса набирає дедалі більше популярності в світі та Україні.

Застосування сільськогосподарських відходів у виготовленні стружкових плит має бути економічно доцільним і прибутковим. Для забезпечення прибутковості стружкових плит, виготовлених із сільськогосподарських відходів, очікується, що вироблені плити будуть відповідати або перевищувати необхідні технічні стандарти використання та зможуть забезпечити необхідний споживачу побутовий комфорт. Тому дослідження експлуатаційних властивостей легких стружкових плит з вмістом стружки зі стебел соняшника та міскантуса є *актуальними*. Завдяки використанню стружки зі стебел соняшника та міскантуса можна розширити сировинну базу, зменшити використання деревини та отримати композиційний матеріал з новими властивостями.

Мета роботи – дослідити окремі експлуатаційні властивості легких СП з стружкою з стебел соняшника та міскантуса у внутрішньому їх шарі.

Для досягнення зазначеної мети визначено такі основні *завдання дослідження*: експериментально виготовити зразки легких СП з вмістом стружки зі стебел соняшника та міскантуса, що дасть змогу визначити їх експлуатаційні властивості за стандартними методиками; встановити вплив стружки стебел соняшника на експлуатаційні властивості легких СП для визначення доцільності застосування цього матеріалу у виробництві плит; встановити вплив стружки стебел міскантуса на експлуатаційні властивості легких СП для визначення доцільності застосування цього матеріалу у виробництві плит;

встановити вплив комбінування стружки стебел міскантуса та соняшника на експлуатаційні властивості легких СП для визначення доцільності застосування цього матеріалу у виробництві плит.

Об'єкти і методика дослідження (Objects and methods).

Об'єкт дослідження – процес виготовлення легких стружкових плит з вмістом стружки стебел соняшника та міскантуса. *Предмет дослідження* – експлуатаційні властивості легких стружкових плит з вмістом стружки стебел соняшника та міскантуса.

Матеріали.

Для дослідження використовували деревинну стружку, стружку з стебел соняшника і стружку з стебел міскантуса. Деревинна стружка виготовлена з деревини хвойних (75%) та листяних (25%) порід. Походження: Українські Карпати, Івано-Франківська область, Україна. Стружка отримана з місцевого заводу виробництва стружкових плит.

Стебла соняшника та міскантуса були попередньо зібрані у Львівській області та зберігалися у сухому приміщенні. Стружка зі стебел була виготовлена шляхом обробки стебел спочатку соломорізкою, а пізніше – подрібненням у дисковому млині з діаметром отворів вихідної сітки 12 мм. Дрібну фракцію відокремлювали від отриманих частинок шляхом просіювання. Усі види стружки

висушували в сушильній шафі за температури $95\pm5^{\circ}\text{C}$ до вологості $3\pm1\%$.

Для виготовлення плит використовували карбамідоформальдегідну смолу (КФ) марки А (виробник ТОВ «Карпатсмоли», м. Калуш, Україна), карбамід (43% розчин), сульфат амонію $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$ (33% розчин) та парафінову емульсію. Смола КФ мала такі характеристики: густина 1270 кг/м^3 , вміст твердої речовини 65%, в'язкість за чашкою Форда (4 мм, 20°C) 98 с, $\text{pH} = 8,05$.

Методика виготовлення досліджуваних зразків.

Для дослідів у лабораторних умовах виготовляли тришарові СП розміром $290 \times 290 \times 16\text{ мм}$ з розрахунковою щільністю 550 кг/м^3 . Зовнішній шар (ЗШ) на 100% складався з деревинної стружки. Стружку зі стебел соняшника та міскантуса не додавали до зовнішнього шару через наявність м'якої серцевини в їх стеблах, що могло б ускладнити процес ламінування через нерівномірну твердість на поверхні плит. Тому стружку зі стебел соняшника та міскантуса додавали тільки у внутрішній шар (ВШ). Стружку міскантуса, деревинну та соняшникову у внутрішньому шарі розподіляли пропорційними частками по 25% до повного охоплення всіх можливих комбінацій за розробленою схемою (табл.).

Таблиця. Розподіл стружки за видами у внутрішньому шарі зразків легких плит
Table. Distribution of wood particles by species in the core layer of lightweight board samples

Матеріал стружки	Вміст стружки, %				
Соняшник	0	25	50	75	100
Деревина	100	75	50	25	0
Міскантус	0	0	0	0	0
Соняшник	0	25	50	75	
Деревина	75	50	25	0	
Міскантус	25	25	25	25	
Соняшник	0	25	50		
Деревина	50	25	0		
Міскантус	50	50	50		
Соняшник	0	25			
Деревина	25	0			
Міскантус	75	75			
Соняшник	0				
Деревина	0				
Міскантус	100				

Масова частка зовнішніх шарів становила 33%, середнього – 67%. Контрольні плити виготовляли виключно з деревинної стружки. Плити

виготовляли на основі 100% КФ смоли. Витрата абсолютно сухої КФ смоли становила 14 мас. % і 9 мас. % від маси абсолютно сухої стружки для

зовнішнього та внутрішнього шарів відповідно. До смоли додавали 2,3% і 0,5% розчину карбаміду та 0,2% і 0,6% сульфату амонію в перерахунку на масу сухої стружки для зовнішнього і внутрішнього шарів відповідно. Парафінову емульсію 0,8% в розрахунку на масу сухої стружки також додавали в суміш смоли.

Плити пресували за питомого тиску 2,5 МПа, температура плит преса становила 190°C, тривалість пресування – 0,37 хв/мм. Впродовж останніх 30 с циклу пресування тиск безперервно знижували до 0 МПа.

Випробування дослідних зразків.

Для визначення експлуатаційних властивостей виготовлені плити розрізали на зразки визначених розмірів згідно відповідних стандартів. Випробування були проведені згідно стандартів на щільність EN 323, водопоглинання та

набрякання по товщині EN 317 та опір витягуванню шурупа EN 320. Було виготовлено 180 зразків для дослідження водопоглинання та набрякання і 180 зразків для дослідження опору витягування шурупа з торця та плити плит. Виготовлені плити кондиціювали згідно умов стандарту EN 322 за температури приміщення (20 ± 2)°C, відносної вологості повітря (65 ± 5)% впродовж семи діб. Після випробувань здійснювали статистичну обробку експериментальних даних.

Результати (Results).

Залежності впливу стружки зі стебел соняшника та міскантуса на експлуатаційні властивості досліджуваних легких стружкових плит наведені на рис. 1–6. Загалом спостережено, що збільшення частки стружки зі стебел соняшника та міскантуса в середньому шарі позитивно впливає на експлуатаційні властивості плит.

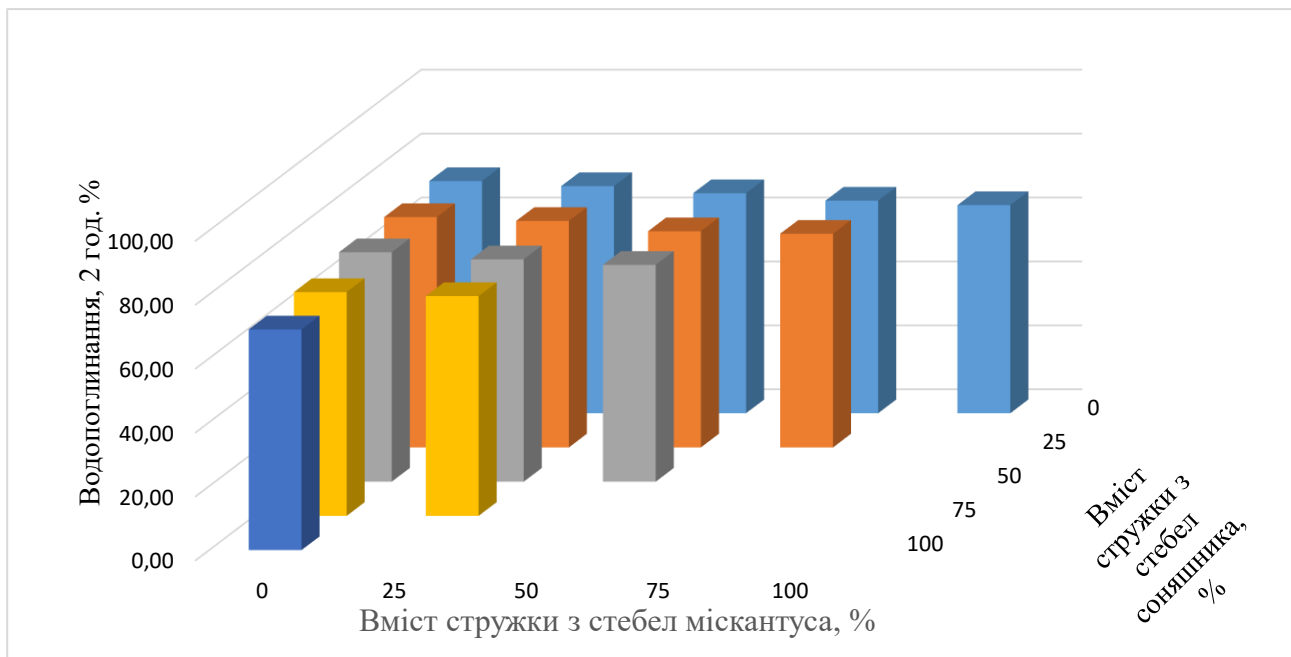


Рис. 1. Залежність водопоглинання за 2 год легких стружкових плит від вмісту в них стружки зі стебел соняшника та міскантуса

Fig. 1. Dependence of 2-hour water absorption of lightweight particleboard on the content of sunflower and miscanthus stem particles in them

Водопоглинання. У плит, виготовлених з 100% стружки зі стебел соняшника у середньому шарі, показник водопоглинання після 2 год / 24 год витримки становив 69,04% / 90,62% відповідно. Для контрольних плит, виготовлених виключно з деревинної стружки, цей показник становив 72,64% / 95,40%. Таким чином, зі збільшенням вмісту стружки зі стебел соняшника у середньому шарі легких СП щільністю 550 кг/м³, водопоглинання за 2 год / 24 год витримки зменшується і для плит з 100% стружки зі стебел соняшника. При цьому показник водопоглинання

є на 3,6% / 4,78% меншим, ніж у плит, виготовлених виключно з деревинної стружки.

У плит, виготовлених на 100% зі стружки з стебел міскантуса у середньому шарі, показник водопоглинання після 2 год / 24 год витримки становив 65,11% / 78,65% відповідно. Для легких СП щільністю 550 кг/м³ водопоглинання за 2 год / 24 год витримки зменшується зі збільшенням вмісту стружки зі стебел міскантуса у середньому шарі. Для плит, виготовлених на 100% зі стружки міскантуса в середньому шарі водопоглинання є на 7,53% / 16,75% меншим, ніж у плит, виготовлених з 100% деревинної стружки.

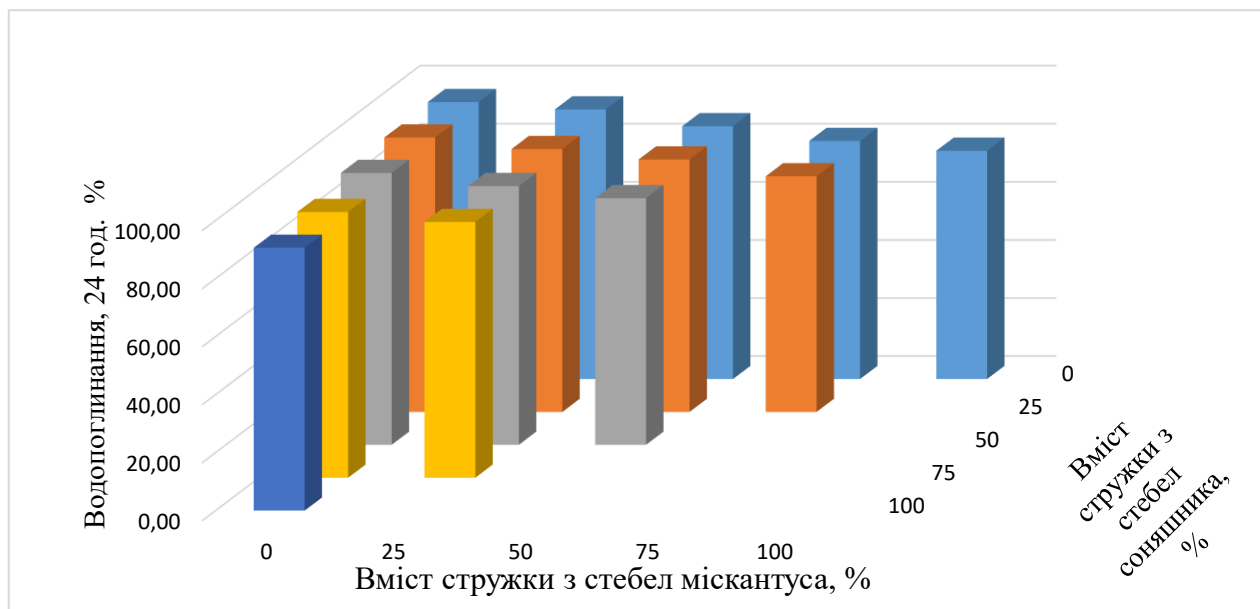


Рис. 2. Залежність водопоглинання за 24 год легких стружкових плит від вмісту в них стружки зі стебел соняшника та міскантуса

Fig. 2. Dependence of 24-hour water absorption of lightweight particleboard on the content of sunflower and miscanthus stem particles in them

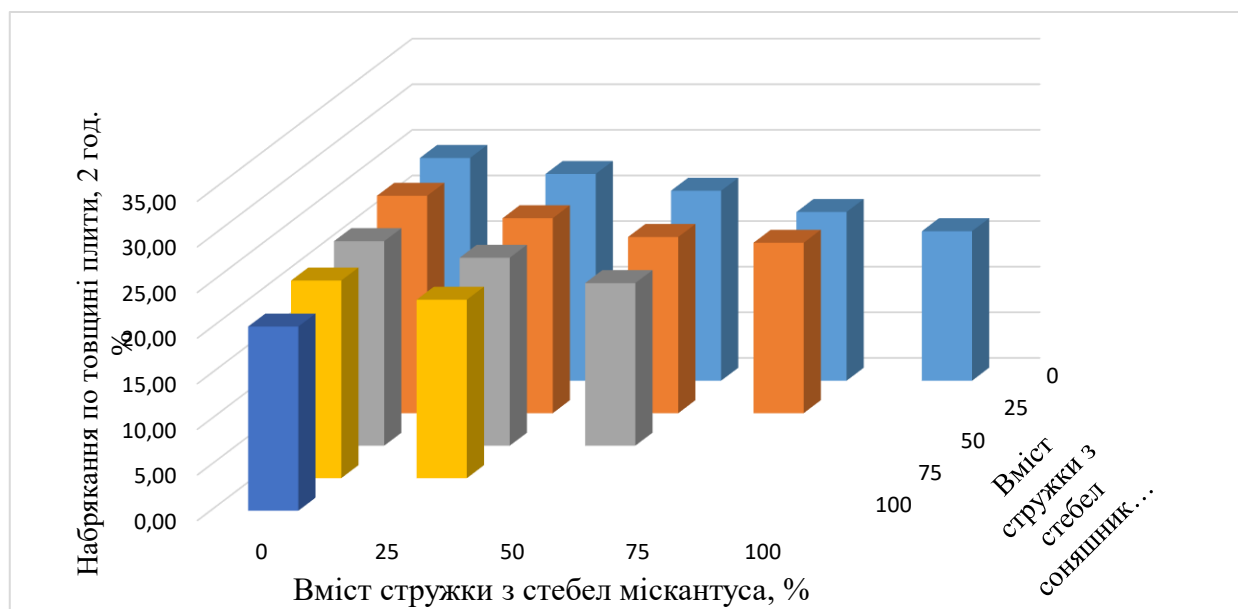


Рис. 3. Залежність набрякання за товщиною впродовж 2 год легких стружкових плит від вмісту в них стружки зі стебел соняшника та міскантуса

Fig. 3. Dependence of 2-hour thickness swelling of lightweight particleboard on the content of sunflower and miscanthus stem particles in it

У плит, виготовлених з 100% стружки зі стебел міскантуса у середньому шарі, показник набрякання за товщиною після 2 год / 24 год витримки становив 16,38% / 20,53% відповідно. Для легких СП щільністю 550 кг/м³ набрякання за товщиною впродовж 2 год / 24 год витримки зменшується зі збільшенням вмісту стружки зі стебел міскантуса у середньому шарі. Для плит, виготовлених з 100% стружки міскантуса в середньому шарі, набрякання за товщиною є на 8,03% / 9,62%

меншим, ніж у плит виготовлених з 100% деревинної стружки.

Для легких стружкових плит, виготовлених з комбінуванням стружки зі стебел соняшника, міскантуса та деревинної стружки, показник набрякання за товщиною знаходиться в межах 19,68% - 24,2% за 2-годинної витримки, та 25,60% - 31,00% за витримки впродовж 24 год. Зі збільшенням частки стружки зі стебел соняшника показник набрякання за товщиною покращується

порівняно з контрольними плитами з деревини та погіршується порівняно з плитами, виготовле-

ними з використанням стружки зі стебел міскантуса.

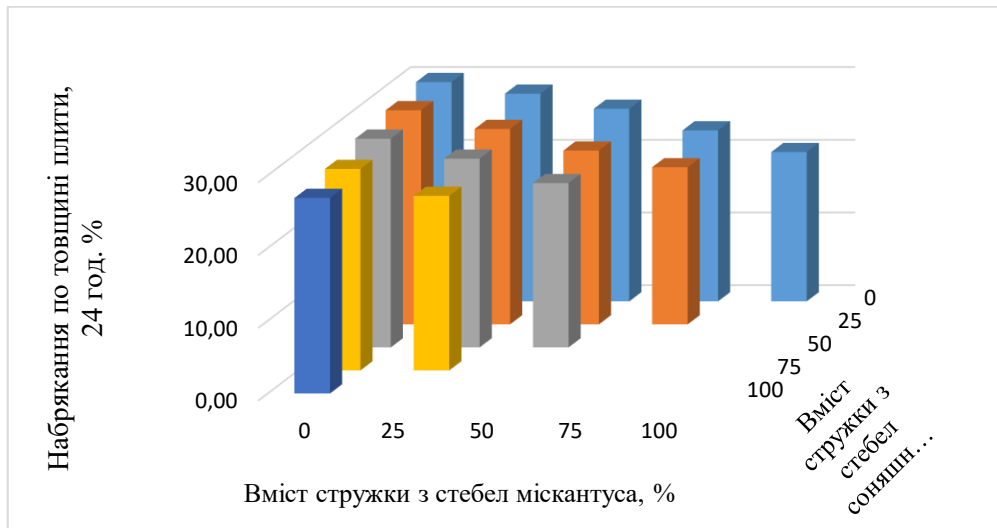


Рис. 4. Залежність набрякання за товщиною впродовж 24 год легких стружкових плит від вмісту в них стружки зі стебел соняшника та міскантуса

Fig. 4. Dependence of 24-hour thickness swelling of lightweight particleboard on the content of sunflower and miscanthus stem particles in it

Опір витягуванню шурупа з пласті плити. Значення опору витягування шурупа з пласті легкої плити з вмістом стружки зі стебел соняшника є більшим, ніж у плит, виготовлених винятково з деревинної стружки. Зі зростанням частки стружки зі стебел соняшника в плиті опір витягування шурупа з пласті плити зростає прямолинійно. У плит з 100% стружки з стебел соняшника цей показник є на 19,27% більшим, ніж у плит, на 100% виготовлених з деревинної стружки.

Значення опору витягування шурупа з пласті легкої плити з вмістом стружки зі стебел міскантуса є більшим, ніж у плит, виготовлених винятково з деревинної стружки. Зі зростанням частки

стружки з стебел міскантуса в плиті опір витягування шурупа з пласті плити зростає прямолинійно. У плит з 100% стружки з стебел міскантуса цей показник є на 16,34% більшим, порівняно з плитою із 100% деревинної стружки.

Значення опору витягування шурупа з пласті легкої плити з вмістом стружки зі стебел соняшника є більшим, ніж у плит з вмістом стружки зі стебел міскантуса. Зі зростанням частки стружки зі стебел соняшника в плиті опір витягування шурупа з пласті плити зростає прямолинійно. У плит з 100% стружки зі стебел соняшника цей показник є на 2,52% більшим, ніж у плит з 100% вмістом стружки зі стебел міскантуса.

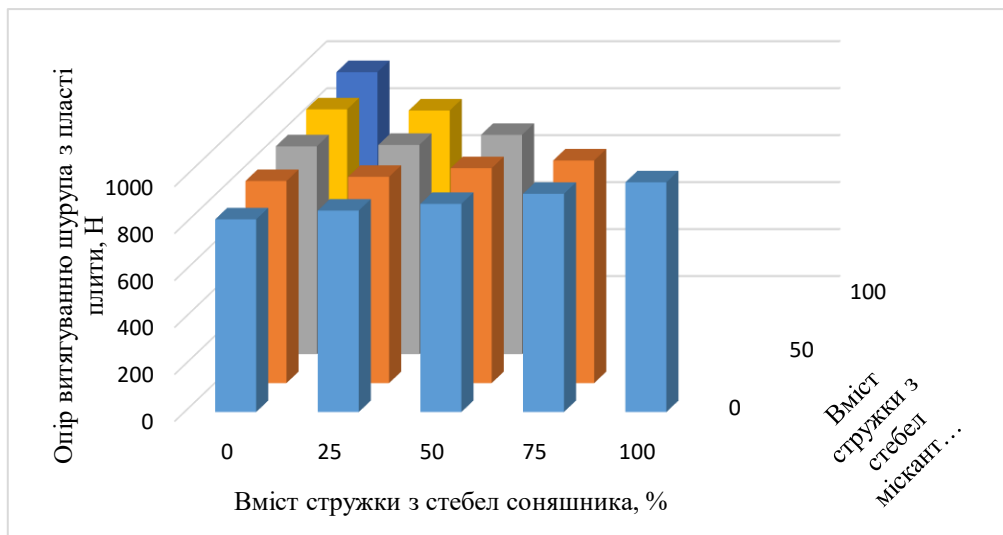


Рис. 5. Залежність опору витягування шурупа з пласті легких стружкових плит від вмісту в них стружки зі стебел соняшника та міскантуса

Fig. 5. Dependence of the resistance to screw pullout from lightweight particleboard face layer on the content of sunflower and miscanthus stem particles in them

Значення опору витягування шурупа з пластів легких плит, виготовлених з комбінуванням стружки зі стебел сояшника, міскантуса та деревинної стружки зростає зі збільшенням вмісту стружки як сояшника, так і міскантуса. Порівняно з стружковими плитами, виготовленими з 100% деревинної стружки, стружкові плити з вмістом комбінації матеріалів мають на 7,07-15,61% вищий показник опору витягування шурупа з пластів плити залежно від частки стружки кожного з них.

Опір витягуванню шурупа з торця плити. Значення опору витягування шурупа з торця легкої плити з вмістом стружки зі стебел сояшника є більшим, ніж у плит, виготовлених винятково з деревинної стружки. Зі зростанням частки стружки зі стебел сояшника в плиті опір витягування шурупа з торця плити зростає прямолінійно. У плит, виготовлених з 100% стружки зі стебел сояшника цей показник є на 27,22% більшим, ніж в плит з 100% деревинної стружки.

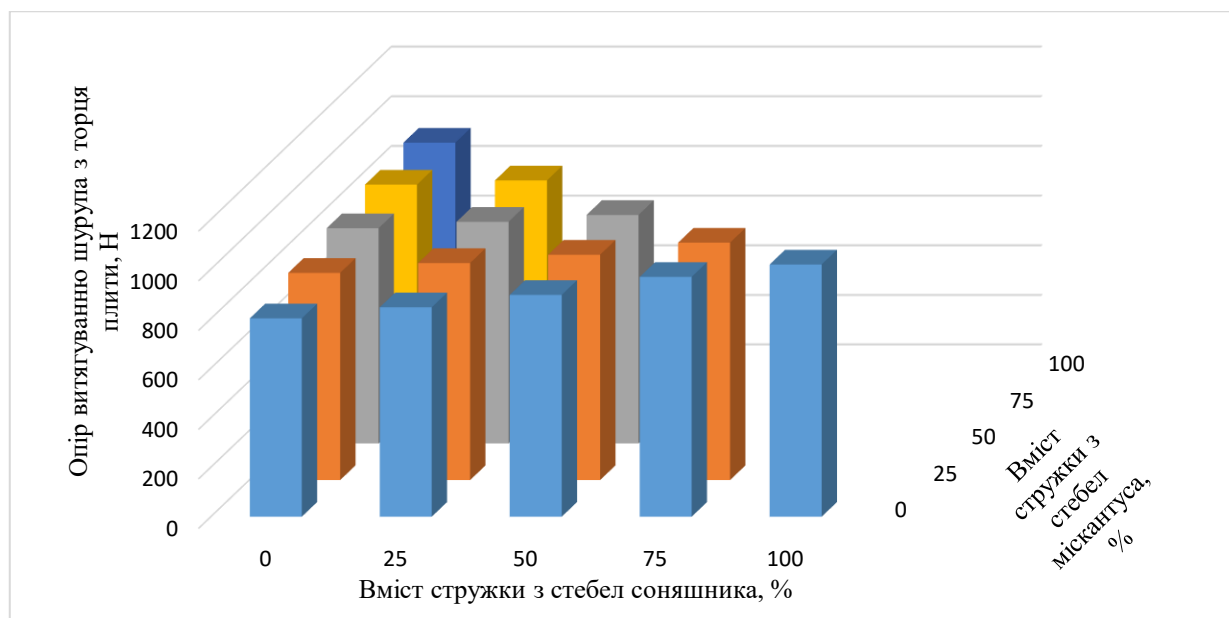


Рис. 6. Залежність опору витягування шурупа з торця легких стружкових плит від вмісту в них стружки зі стебел сояшника та міскантуса

Fig. 6. Dependence of the resistance to screw pullout from the end layer of lightweight particleboard on the content of sunflower and miscanthus stem particles in it

Значення опору витягування шурупа з торця легкої плити з вмістом стружки зі стебел міскантуса є більшим, ніж у плит, виготовлених з деревинної стружки. Зі зростанням частки стружки зі стебел міскантуса в плиті опір витягування шурупа з торця плити зростає прямолінійно. У плит, виготовлених зі 100% стружки з стебел сояшника цей показник є на 14,48% більшим, ніж у плит, виготовлених зі 100% деревинної стружки.

Значення опору витягування шурупа з торця легкої плити з вмістом стружки зі стебел сояшника є більшим, ніж у плит з вмістом стружки зі стебел міскантуса. Зі зростанням частки стружки в плиті зі стебел сояшника опір витягування шурупа з торця плити збільшується прямолінійно. У плит, виготовлених зі 100% стружки з стебел сояшника цей показник є на 11,12% більшим, ніж у плит з 100% вмістом стружки зі стебел міскантуса.

Значення опору витягування шурупа з торця легких плит, виготовлених з комбінуванням стружки зі стебел сояшника, міскантуса та деревинної стружки зростає зі збільшенням вмісту в плиті стружки як сояшника, так і міскантуса.

Порівняно з СП, виготовленими з 100% деревинної стружки, стружкові плити з вмістом комбінації матеріалів мають на 9,49 - 19,73% вищий показник опору витягування шурупа з торця плити залежно від частки стружки кожного з них.

Дискусія (Discussion).

У роботі Bekhta et al. (2023) оцінено ефективність виробництва легких стружкових плит з використанням стружки стебел сояшника. Встановлено, що заміна деревинної стружки в середньому шарі на стружку зі стебел сояшника призвела до зменшення водопоглинання та набрякання для легких стружкових плит. Незважаючи на високий вміст м'якоті, частинки стебел сояшника позитивно вплинули на властивості водопоглинання та набрякання плит за товщиною. Загалом було спостережено, що чим вища цільова щільність плит, тим нижчі значення водопоглинання після 2 та 24 год занурення. Ця залежність спостерігалася для всіх типів досліджуваних плит. У плитах, що містять 100% частинок стебел сояшника щільністю 550 кг/м³, водопоглинання через 2 і 24 год було на 28,3 і 24,6%

нижчим, ніж у плитах щільністю 350 кг/м³. Очевидно, що вода проникає в структуру легких плит з низькою щільністю і значною кількістю пор вільніше, ніж в менш пористу структуру плит з більшою щільністю. Низька пористість ускладнює дифузію в плитах з високою щільністю. Результати досліджень цієї роботи добре узгоджуються з результатами нашого дослідження.

У роботі Klímek et al. (2018) стебла міскантуса вивчали як потенційну заміну деревині у стружкових плитах. Для дослідження використовували свіжозібрані стебла міскантуса та свіжу деревину ялини. Одношарові стружкові плити з цільовою щільністю 600 кг/м³ і товщиною 11 мм були виготовлені з використанням метилендифенілдіюанату (pMDI) як клею. Звертає на себе увагу той факт, що у цій роботі набрякання за товщиною у СП з міскантуса було нижчим, ніж у ялинових СП, тоді як водопоглинання було значно вищим. Автори стверджують, що сухі частинки паренхіми в СП, виготовлених з міскантуса, поглинають воду, не набрякаючи. Пояснення полягає в тому, що паренхіма майже повністю складається з транспортних клітин, які в живій рослині відповідають за зберігання і транспортування поживних речовин, внаслідок чого вони здатні поглинати вологу без набрякання. Результати цієї роботи та нашого дослідження подібні щодо набрякання за товщиною, проте відрізняються за показником водопоглинання. Розбіжність може бути пов'язана зі структурними відмінностями досліджуваних плит. Тришарові плити мають щільні зовнішні шари, котрі перешкоджають проникненню води у структуру плити на відміну від виготовлених одношарових плит у дослідженні авторів.

У роботі Balducci et al. (2008) досліджували можливість заміни деревини у легких стружкових плитах на стружку зі стебел однорічних сільськогосподарських рослин – коноплі, соняшника, топінамбура, кукурудзи та міскантуса. Досліджували одно- і тришарові плити з різними комбінаціями цих матеріалів. Плити склеювали з використанням pMDI або танін-формальдегідної смоли. Цікавим є те, що на прикладі стебел топінамбура вивчали вплив паренхіми на властивості плит. Матеріали розділяли на вітровому зигзагоподібному просіювачі. Встановлено, що наявність легких частинок паренхіми зменшувала показник набрякання за товщиною на 2,1% порівняно з плитами, виготовленими зі стебел без відокремлення паренхіми. Плити, виготовлені зі стебел топінамбура та міскантуса, мали суттєво нижчі показники водопоглинання та набрякання за товщиною серед усіх досліджуваних однорічних рослин.

У роботі Кара (2025) досліджували механічні властивості тришарових плит, у середньому шарі яких замінювали деревинну стружку на кострицю конопель у частках 0; 10; 20 і 30% та проводили дослідження опору витягування шурупа. Плити склеювали фенолоформальдегідною смолою за температури $195 \pm 5^\circ\text{C}$ та цільовою щільністю 580 кг/м³. Додавання костриці конопель позитивно впливало на опір витягуванню шурупа. Найвищий показник мали плити з 20% вмістом костриці конопель. Порівняно з контрольними плитами, опір витягуванню шурупа для плит з 20% вмістом костриці конопель був більшим на 7,5%. Таку ж динаміку зміни цього показника отримано і в нашому дослідженні.

Комбінування стружки зі стебел соняшника та міскантуса у внутрішньому шарі дає частково нівелювати недоліки кожного з матеріалів і досягти більш збалансованого покращення властивостей плит. Подібний підхід узгоджується з концепцією оптимізації складу плитних композитів шляхом поєднання різних типів лігноцелюлозної сировини, запропонованою у дослідженнях з цієї тематики (Monteiro et al., 2016; Balducci et al., 2008).

Отже, здійснені дослідження дали змогу експериментально обґрунтувати можливість повної та часткової заміни деревинної стружки у середньому шарі легких тришарових плит стружкою стебел соняшника та міскантуса за покращення їх експлуатаційних властивостей. Результати дослідження можна використати для корегування технології виготовлення легких стружкових плит, що дасть змогу зменшити витрати деревини за рахунок використання стебел соняшника та міскантуса, знизивши таким чином екологічне навантаження на довкілля.

Висновки (Conclusions).

Досліджено вплив стружки зі стебел соняшника та міскантуса на окремі експлуатаційні властивості легких стружкових плит, що дає змогу оцінити раціональність та перспективність їх виробництва, відповідність показників діючим стандартам.

1. Зі збільшенням частки стружки зі стебел соняшника в легких тришарових стружкових плитах щільністю 550 кг/м³, склеєних КФ клеєм, експлуатаційні властивості покращуються за прямолінійною залежністю. У плит зі стружкою з стебел соняшника показники водопоглинання та набрякання впродовж 2 та 24 год є меншими порівняно з контрольними плитами з деревинної стружки і становлять 69,04 та 90,62% для плит з вмістом стружки соняшника і 72,64 та 95,40% – для контрольних плит. Опір витягуванню шурупа як з пластів, так і з торця плити зростає зі збільшен-

ням частки стружки зі стебел соняшника у структурі плити. Для плит з вмістом стружки соняшника 100% цей показник становить 978 Н при витягуванні шурупа з пластів та 1019 Н – при витягуванні шурупа з торця плити. Для плит, виготовлених на 100% з деревини, ці значення становлять, відповідно, 820 та 801 Н.

2. Зі збільшенням частки стружки з стебел міскантуса в легких тришарових стружкових плитах щільністю 550 кг/м³, склеєних КФ клеєм, експлуатаційні властивості покращуються з прямолінійною залежністю. У плит зі стружкою стебел міскантуса показники водопоглинання та набрякання впродовж 2 та 24 год є меншими порівняно з контрольними плитами з виключно деревинної стружки і становить 65,11 та 78,65% відповідно. Опір витягуванню шурупа як з пластів, так і з торця плити зростає зі збільшенням частки стружки зі стебел міскантуса у структурі плити. Для плит з вмістом міскантуса 100% цей показник становить 954 Н при витягуванні шурупа з пластів та 917 Н – при витягуванні шурупа з торця плити.

3. Наявність стружки зі стебел міскантуса у структурі плит має більший позитивний вплив на водопоглинання і набрякання, порівняно зі стружкою зі стебел соняшника. Проте стружка зі стебел соняшника забезпечує вищий опір витягуванню шурупа з пласта і торця плити порівняно зі стружкою з стебел міскантуса.

4. Комбінування стружки зі стебел соняшника та міскантуса у середньому шарі легких тришарових стружкових плит покращує їхні експлуатаційні властивості. Зі зростанням частки стружки зі стебел соняшника та міскантуса в легких стружкових плитах, склеєних КФ клеєм, експлуатаційні властивості покращуються. Порівняно з плитами, виготовленими з 100% деревинної стружки, плити, виготовлені з комбінацій деревинної стружки, стружки стебел соняшника та міскантуса, мають менші показники водопоглинання та набрякання впродовж 2 та 24 год та більші показники опору витягування шурупа з пластів і торця плити.

5. Використання стружки зі стебел соняшника та міскантуса у виробництві легких стружкових плит дає змогу скоротити споживання деревини, розширити сировинну базу, знизити екологічне навантаження на довкілля та сприяє утилізації й раціональному використанню відходів сільського господарства.

Список літератури (References)

- Balducci, F., Harper, C., Meinschmidt, P., Dix, B., & Sanasi, A. (2008). Development of innovative particleboard panels. *Drvna industrija*, 59(3), 131–136. <https://hrcak.srce.hr/29389>
- Bekhta, P., Kozak, R., Gryc, V., Pipiška, T., Sedláček, J., Reh, R., & Rousek, R. (2023). Properties of lightweight particleboard made with sunflower stalk particles in the core layer. *Industrial Crops and Products*, 205, article ID 117444. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2023.117444>
- Clifton-Brown, J. C., Hastings, A., Mos, M., McCalmont, J. P., Ashman, C., Awty-Carroll, D., & Smith, P. (2015). Progress in upscaling *Miscanthus* biomass production for the European bio-economy with seed-based hybrids. *GCB Bioenergy*, 9(1), 6–17. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12357>
- De Lombaerde, E.; Vangansbeke, P.; Lenoir, J.; Van Meerbeek, K.; Lembrechts, J.; Rodríguez-Sánchez, F. ... De Frenne, P. (2022). Maintaining Forest Cover to Enhance Temperature Buffering under Future Climate Change. *Science of The Total Environment*, 810, 151338. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151338>
- Dukarska, D., Czarnecki, R., Dziurka, D., & Mirski, R. (2017). Construction particleboards made from rapeseed straw glued with hybrid pMDI/PF resin. *European Journal of Wood and Wood Products*, 75, 175–184. <https://doi.org/10.1007/s00107-016-1143-x>
- EN 317 (1996). *Particleboards and Fibreboards – Determination of Swelling in Thickness after Immersion in Water*. European Committee for Standardization: Brussels, Belgium.
- EN 320 (2011). *Particleboards and fibreboards – Determination of resistance to axial withdrawal of screws*. European Committee for Standardization: Brussels, Belgium.
- EN 322 (1993). *Wood-Based Panels – Determination of Moisture Content*. European Committee for Standardization: Brussels, Belgium.
- EN 323 (1993). *Wood-Based Panels – Determination of Density*. European Committee for Standardization: Brussels, Belgium.
- FAO (2020). Global forest resources assessment 2020. Rome, Italy. <https://www.fao.org/interactive/forest-resources-assessment/2020/en/>
- Food and Agriculture Organization – Database. <https://www.fao.org/statistics/data-releases/en>
- Fortunati, E., Puglia, D., Luzi, F., Santulli, C., Kenny, J. M., & Torre, L. (2016). Valorization of sunflower stalks as fillers for polypropylene composites. *Carbohydrate. Polymers*, 137, 475–485. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.11.024>
- Ikubanni, P. P., Adeleke, A. A., Adediran, A. A., & Agboola, O. O. (2018). Physico-mechanical properties of particleboards produced from locally sourced materials. *International Journal of Engineering Research in Africa*, 39, 112–118. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/JERA.39.112>

- Ikubanni, P. P., Adeleke, A. A., Adekanye, T. A., Aladegboye, O. J., Agboola, O. O., & Ogunsemi, B. T. (2024). Particleboard from biomass wastes: A review of production techniques, properties, and future trends. *Research on Engineering Structures & Materials*, 11(2), 713–740. <https://doi.org/10.17515/resm2024.265ma0502rv>
- Kara, M. E. (2025). Mechanical and physical properties of particleboard produced from hemp plant. *BioResources*, 20(3), 5361–5376. <https://doi.org/10.15376/biores.20.3.5361-5376>
- Kelleci, O., Köksal, S. E., Sözen, E., Kayahan, K., & Aydemir, D. (2025). Manufacturing and characterization of innovative lightweight wooden furniture from polystyrene core wood sandwich panels. *Scientific Reports*, 15, article ID 33960. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-11044-4>
- Klimek, P., Meinschmidt, P., Wimmer, R., & Plinke, B. (2016). Using sunflower (*Helianthus annuus* L.), topinambour (*Helianthus tuberosus* L.) and cupplant (*Silphium perfoliatum* L.) stalks as alternative raw materials for particleboards. *Industrial Crops and Products*, 84, 157–164. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.08.004>
- Klimek, P., Wimmer, R., Meinschmidt, P., & Kúdela, J. (2018). Utilizing Miscanthus stalks as raw material for particleboards. *Industrial Crops and Products*, 111, 270–276. doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.10.032
- Köhl, M.; Linser, S.; Prins, K.; & Talarczyk, A. (2021). The EU Climate Package “Fit for 55”– A Double-Edged Sword for Europeans and Their Forests and Timber Industry. *Forest Policy and Economics*, 132, 102596. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2021.102596>
- Kumar, A., Bhaskar, T., & Singh, R. (2020). Valorization of agricultural residues for sustainable development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 119, 109570. doi.org/10.1016/j.rser.2019.109570
- Lee, S. H., Park, H.-J., & Zhang, X. (2022). Particleboard from agricultural biomass and recycled wood waste: A review of production, properties, and sustainability. *Progress in Industrial Ecology, An International Journal*, 20(4-5), 319–336. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.07.046>
- Luo, P., Yang, C., Li, M., & Wang, Y. (2020). Manufacture of thin rice straw particleboards bonded with various polymeric methylene diphenyl diisocyanate/urea–formaldehyde resin mixtures. *BioResources*, 15, 935–944. <https://doi.org/10.15376/biores.15.1.935-944>
- Luo, S., Gao, L., & Guo, W. (2020). Effect of face layer manipulation on the density profile and properties of low-density particleboard. *Wood Research*, 65(1), 125–134. <https://doi.org/10.37763/wr.1336-4561/65.1.125134>
- Monteiro, S., Martins, J., Magalhaes, F. D., & Carvalho, L. (2016). Low density wood-based particleboards bonded with foamable sour cassava starch: Preliminary studies. *Polymers*, 8, article ID 354. <https://doi.org/10.3390/polym8100354>
- Moor, H., Eggers, J., Fabritius, H., Forsell, N., Henckel, L., Bradter, U., ... Snäll, T. (2022). Rebuilding green infrastructure in boreal production forest given future global wood demand. *Journal of Applied Ecology*, 59, 1659–1669. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.14175>
- Reyer, C., Guericke, M.; & Ibsch, P. L. (2009). Climate Change Mitigation via Afforestation, Reforestation and Deforestation Avoidance: And What about Adaptation to Environmental Change? *New Forests*, 38, 15–34. <https://doi.org/10.1007/s11056-008-9129-0>
- Şahinöz, M., Gürü, M., & Aruntaş, Y. H. (2024). Valorization of corn husk (*Zea mays*) and corn silk in polymer particleboard manufacture and effect of waste colemanite on the mechanical performance of particleboards. *Cellulose Chemistry and Technology*, 58(7–8), 819–832. <https://doi.org/10.35812/cellulosechemtechnol.2024.58.73>
- Scarlat, N., Dallemand, J.-F., & Fahl, F. (2018). Biogas: Developments and perspectives in Europe. *Renewable Energy*, 129, 457–472. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.03.006>
- Shalbafan, A., Welling, J., & Luedtke, J. (2012). Effect of processing parameters on physical and structural properties of lightweight foam core sandwich panels. *Wood Material Science & Engineering*, 8(1), 1–12. <https://doi.org/10.1080/17480272.2012.684704>
- Shepherd, A., Littleton, E. W., Clifton-Brown, J. C., Martin, M., Hastings, A., & Smith, P. (2020). Projections of global and UK bioenergy potential from *Miscanthus × giganteus*: Feedstock yield, carbon cycling and electricity generation in the 21st century. *Global Change Biology Bioenergy*, 12(4), 287–305. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12671>
- Taş, H. H., & Kul, F. M. (2020). Sunflower (*Helianthus annuus*) stalks as alternative raw material for cement-bonded particleboard. *Drvna Industrija*, 71(1), 41–46. <https://doi.org/10.5552/drind.2020.1907>
- Teischinger, A. (2010). The development of wood technology and technology developments in the wood industries – from history to future. *European Journal of Wood and Wood Products*, 68, 281–287. <https://doi.org/10.1007/s00107-010-0458-2>
- Uğur, C., & Bektaş, İ. (2024). Evaluation of some physico-mechanical properties and formaldehyde emission of ecological chipboards produced from annual residue plant stems. *Drvna industrija*, 75(3), 349–360 <https://doi.org/10.5552/drind.2024.0166>
- Verkhovna Rada of Ukraine. (2024). News on the Committee of Environmental Policy and Nature Management.

- https://www.rada.gov.ua/news/news_kom/258168.html [Верховна Рада України (2024) Новини комітету з питань аграрної та земельної політики] (In Ukrainian)
- Yasina, M., Waheed Bhutto, A., Bazmi, A., & Karim, S. (2010). Efficient utilization of rice–wheat straw to produce value-added composite products. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 1, 1–8.
- https://www.researchgate.net/publication/258509387_Efficient_Utilization_of_Rice-wheat_Straw_to_Produce_Value_-added_Composite_Products
- Ye, P., An, J., Zhang, G., Wang, L., Wang, P., & Xie, Y. (2018). Preparation of particleboard using dialdehyde starch and corn stalk. *BioResources*, 13(4), 8930–8942.

Operational properties of lightweight particleboard containing sunflower and miscanthus stem particles

R. Kozak¹, V. Biruk²

The growing shortage of wood resources, increasing prices for timber, and stricter environmental regulations have stimulated intensified research into alternative raw materials for manufacturing wood-based composite products. In this context, the use of non-wood lignocellulosic biomass derived from agricultural residues represents a promising strategy for reducing wood consumption while maintaining or improving the performance of particleboards. This study investigates the operational properties of lightweight three-layer particleboards incorporating sunflower (*Helianthus annuus* L.) and miscanthus (*Miscanthus × giganteus*) stem particles as partial or complete replacement of wood particles in the core layer.

The feasibility of utilizing sunflower and miscanthus stem particles in the core layer of lightweight particleboards with a target density of 550 kg/m³ was experimentally confirmed. Three-layer boards manufactured under laboratory conditions were produced using urea–formaldehyde adhesive, with varying proportions of wood-, sunflower-, and miscanthus particles in the core layer, while the face layers consisted exclusively of wood particles. The influence of the type and proportion of non-wood lignocellulosic particles on key operational properties – namely water absorption, thickness swelling after 2 and 24 hours of water immersion, and resistance to failure of screw fasteners, that is, resistance to screw pullout from both the face and edge of the boards—was systematically evaluated according to relevant European standards.

The results demonstrate that replacing wood particles with miscanthus stem particles in the core layer significantly improves the moisture-related properties of lightweight particleboards. Boards containing miscanthus particles exhibited a reduction

in water absorption by 10–20% and thickness swelling by 8–15% compared to control boards made entirely from wood particles. In contrast, the incorporation of sunflower stem particles led to a pronounced increase in screw pullout resistance, with improvements of 12–25% observed for both face and edge pullout, which can be attributed to the specific anatomical structure and fiber morphology of sunflower stems.

Furthermore, it was found that combining sunflower and miscanthus stem particles in the core layer enables a synergistic effect, allowing the disadvantages of each of these types of raw material to be partially compensated. Such hybrid compositions provide a balanced improvement of physical and mechanical properties, simultaneously enhancing moisture resistance and fastening performance. The study confirms that appropriate combinations of agricultural residues can be effectively used to tailor the performance of lightweight particleboards.

The obtained results highlight the scientific novelty of demonstrating the possibility of partial and complete substitution of sunflower and miscanthus stem particles for wood particles in the core layer of lightweight particleboards while improving their operational properties. From a practical perspective, the proposed approach contributes to expanding the raw material base for particleboard production, reducing dependence on wood resources, and promoting the use of agricultural residues, thereby supporting sustainable and environmentally responsible composite manufacturing process.

Key words: density of particleboards; non-wood resources; lignocellulosic materials; urea–formaldehyde adhesive; water absorption; swelling; screw pull-out resistance.

¹Ruslan Kozak – Corresponding Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Wood Composite Materials, Pulp and Paper Technologies. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka St., Lviv, 79057, Ukraine. E-mail: kozak_r@nltu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1297-9810>

²Volodymyr Biruk – Postgraduate student. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka St., Lviv, 79057, Ukraine. E-mail: volodymyr.biruk@nltu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-7425-0769>

7. РЕЦЕНЗІЇ, ВІДГУКИ ТА ВІТАННЯ

УДК 630*502.7

ІННОВАЦІЙНІ СОЦІО-ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЛІСІВ ТА ЛІСОВОГО ГОСПОДАРСТВА

(до 70-річчя від дня народження професора Марії Нижник, доктора економічних і соціальних наук, члена редакційної колегії збірника "Наукові праці Лісівничої академії наук України")

І.П. Соловій¹, Л.І. Копій², Л.Д. Загвойська³

Висвітлено основні наукової діяльності М. С. Нижник – відомої вченої у галузі економіки природних ресурсів, екологічної економіки, економіки змін клімату та соціальних наук, керівника наукової групи «Земля і люди», керівника досліджень з оцінювання природного капіталу та члена Наукової стратегічної групи Інституту Джеймса Хаттона. Працює в Інституті з 2002 року, після періоду пост-докторських досліджень у Вільному університеті Амстердама та Вагенінгенському університеті в Нідерландах. Лауреат премії за наукові досягнення Міжнародного союзу лісових дослідницьких організацій (IUFRO) за видатний внесок у дослідження в галузі соціальних наук з питань лісового господарства, зміни клімату та оцінювання уподобань зацікавлених сторін, лауреат премії за наукові досягнення на знак визнання її видатних досліджень у цій галузі та ефективного обміну науковими знаннями з Україною, премії IUFRO-2022. Лауреат декількох премій BBSRC за видатні наукові досягнення.



Марія Степанівна Нижник – яскравий приклад науковця, чий професійний шлях поєднав гли-

бинне розуміння лісових екосистем України з передовими європейськими підходами до сталого

¹ Соловій Ігор Павлович – академік Лісівничої академії наук України, віце-президент ЛАН України, доктор економічних наук, професор кафедри економіки, туризму та рекреації, професор. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. E-mail: soloviy@yahoo.co.uk ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5885-6264>

² Копій Леонід Іванович – академік Лісівничої академії наук України, доктор сільськогосподарських наук, завідувач кафедри екології, професор. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. E-mail: kor.l@i.ua ORCID <https://orcid.org/0000-0001-6672-3904>

³ Загвойська Людмила Дмитрівна – член-кореспондент Лісівничої академії наук України, кандидат економічних наук, професор кафедри економіки, туризму та рекреації, професор. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. E-mail: lyudmyla.zahvoyska@nltu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0028-472>

розвитку. Нині вона є провідним науковим співробітником Інституту Джеймса Хаттона (The James Hutton Institute), Абердін, Велика Британія – одного із найавторитетніших світових центрів дослідження земельних та сільськогосподарських ресурсів довкілля.

Народилась М.С. Нижник 7 квітня 1956 р. у м. Львові в родині науковців. У 1978 р. закінчила з відзнакою Львівський лісотехнічний інститут (тепер – НЛТУ України) за спеціальністю «Конструювання меблів та технологія деревообробки». Науковий шлях ученої розпочався з ґрунтовної освіти та раннього інтересу до економічних аспектів природокористування. У 1984 р. вона захистила кандидатську дисертацію з економіки природокористування в Інституті економіки Академії Наук України. Темою досліджень були еколого-економічні питання розвитку Карпатського рекреаційного комплексу. Наукову роботу М.С. Нижник продовжила у Нідерландах, де в 1995 р. вона здобула звання магістра політики та управління навколишнім середовищем. У 1999 р. стала магістром загальної та кількісної економіки (*Algemene en Kwantitatieve Economie*), а у 2002 р. – магістром соціальних наук Мансхолдського Інституту. У 2002 р. захистила докторську дисертацію з соціальних наук в Університеті Вагенінгена (Нідерланди) у співпраці з Університетом Вікторії (Канада). Після захисту дисертації працювала дослідником в університетах Амстердама (*Vrije Universiteit*) та Вагенінгена, на кафедрі аграрної економіки та політики.

З жовтня 2002 р. М.С. Нижник живе у Великобританії та працює в Інституті Джеймса Хаттона (колишній Макаулей Інститут, Шотландія). Її кар'єра – це еволюція від класичної економіки лісового господарства до складних міждисциплінарних досліджень, що знаходяться на перетині соціології, екологічної проблематики та економічної теорії. У центрі наукових інтересів ученої перебувають:

- соціо-економіка змін клімату: розробка механізмів пом'якшення наслідків кліматичних змін через лісове господарство;
- оцінка екосистемних послуг: монетарна та немонетарна оцінка функцій лісу, що є критично важливим для прийняття управлінських рішень;
- дослідження гетерогенності уподобань стейкхолдерів щодо багатофункціонального використання лісів і прийняття рішень у сфері лісівництва та ведення лісового господарства з використанням Q-методології;
- сталий розвиток гірських територій: особливу увагу вчена приділяє Карпатському регіону, досліджуючи баланс між збереженням біорізноманіття та добробутом місцевих громад.

– біоекономіка та відновлювальна енергетика: аналіз потенціалу лісової біомаси як джерела енергії.

Науковиця є активним членом Міжнародного союзу лісових дослідницьких організацій (IUFRO), де координує робочі групи, пов'язані з економікою лісових ресурсів та соціальними аспектами лісівництва. Її праці регулярно цитуються у провідних наукометричних базах, а виступи на конференціях завжди викликають жваві дискусії завдяки нестандартному погляду на звичні проблеми. Вона була членом Наукової консультативної ради уряду Великої Британії та експертом Міжурядової групи експертів зі зміни клімату (IPCC), що свідчить про високий рівень довіри до її експертизи на глобальному рівні.

Високий рівень наукових досягнень ученої підтверджується численними нагородами та експертними посадами. У 2019 р. Міжнародний союз лісових дослідницьких організацій (IUFRO) відзначив її нагородою за видатні наукові досягнення (*Scientific Achievement Award*). Вона входить до 0,5% найкращих науковців світу за версією Scholar GPS (2024) та має h-індекс 36.

Марія Нижник є активним членом експертних комітетів уряду Великобританії (*Defra*), наукових рад Європейського інституту лісу (EFI) та міжнародної ради «Наука для Карпат». Її авторитет визнаний на високому політичному рівні – у 2017 р. вона була запрошена Королем і Королевою Нідерландів для проведення семінару з питань відродження сільських районів.

Доробок Марії Нижник включає наукове керівництво десятьма проектами у рамках програм ЄС (Horizon 2020, FP7). Серед знакових проєктів, де її внесок був визначальним, варто згадати такі:

1. *SIMWOOD*: Проєкт, спрямований на мобілізацію деревини з лісів Європи із збереженням їхніх екологічних функцій.
2. *EDORA*: Дослідження розвитку сільських територій та економічної диверсифікації.
3. *SENSFOR*: Посилення стійкості чутливих гірських лісових екосистем до змін довкілля.
4. *SIMRA*: Соціальні інновації в маргіналізованих сільських районах.
5. *RURACTIVE*: Надання сільським громадам можливості діяти заради змін.

Попри тривалу роботу у Великій Британії, учена ніколи не розривала зв'язків з українською наукою. Вона є справжнім "амбасадором" українського лісівництва на міжнародному рівні. Співпраця з Національним лісотехнічним університетом України та іншими науковими установами Львова та Києва є прикладом ефективної наукової дипломатії. Завдяки її ініціативі українські вчені залучаються до міжнародних

консорціумів, отримують доступ до європейських грантів і стажувань.

Особливе місце в її серці та дослідженнях займають Українські Карпати. Марія Нижник послідовно відстоює ідею, що ліси – це не лише ресурс деревини, але й унікальний соціо-культурний ландшафт, який потребує інноваційних підходів до збереження. Її праці щодо мультифункціонального лісового господарства в українських Карпатах (Nijnik et al., 2017) та інституційного аналізу лісового сектору України (Nijnik et al., 2021) сприяють імплементації європейських стандартів у вітчизняну практику. Зокрема вона переконливо доводить, що оцінювання екосистемних послуг є складним, але необхідним інструментом для прийняття збалансованих управлінських рішень (Nijnik & Miller, 2017).

Професор М.С. Нижник упродовж багатьох років входить до складу редакційної колегії журналу «Наукові праці Лісівничої академії наук України». Вона доповідала на низці конференцій, які відбувалися в Україні, зокрема із ключовою доповіддю на науково-практичному семінарі "Розроблення науково-методичних засад оцінювання екосистемних послуг в Україні" (м. Львів, НЛТУ України, 28-29 листопада 2019 року).



Доповідь Марії Нижник на конференції IUFRO (Любляна, Словенія, 2022 р.)

Колеги, зокрема наукова спільнота ЛАН України, знають Марію Нижник не лише як відому вчену, але й як щиру і відкриту людину. Її притаманні висока інтелігентність, принципівість у наукових дискусіях і незмінна доброзичливість до молодих дослідників. Вона є науковим керівником і добрим порадиником для багатьох аспірантів і молодих вчених, надихаючи їх власним прикладом служіння науці.

Редакційна колегія журналу, колеги-лісівники, друзі та учні щиро вітають Марію Сте-

панівну Нижник із 70-річним ювілеєм! Бажаємо Вам, шановна Ювілярко, міцного здоров'я, невичерпної енергії для нових наукових звершень, родинного затишку та миру. Нехай Ваші ідеї продовжують проростати новими проектами, а наукова нива приносить щедрі врожаї на благо природи і суспільства!

Основні наукові праці

- Nijnik, M., Zahvoyska, L., Nijnik, A., & Ode, A. (2009). Public evaluation of landscape content and change: Several examples from Europe. *Land Use Policy*, 26(1), 77–86.
- Nijnik, M. (2010). Carbon capture and storage in forests. *Issues in Environmental Science and Technology*, 29, 203–238.
- Nijnik, M. (2011). Economics of climate change mitigation forestry scenarios. *Climate Policy*, 4(3), 318–336.
- Nijnik, M., & Halder, P. (2013). Afforestation and reforestation projects in South and South-East Asia under the CDM: trends and development opportunities. *Land Use Policy*, 31, 504–515.
- Nijnik, M., Pajot, G., Slee, B., & Moffat, A. (2013). An economic analysis of the establishment of forest plantations in the United Kingdom to mitigate climate change. *Forest Policy and Economics*, 26, 34–42.
- Nijnik, M., & Pajot, G. (2014). Accounting for uncertainties and time preference in economic analysis of tackling climate change through forestry and selected policy implications for Scotland and Ukraine. *Climatic Change*, 124(3), 677–690.
- Nijnik, M., & Miller, D. (2017). Valuation of ecosystem services: paradox or Pandora's box for decision-makers? *One Ecosystem*, 2, e14808.
- Nijnik, A., Nijnik, M., Kopiy, S., Zahvoyska, L., Sarkki, S., Kopiy, L., & Miller, D. (2017). Identifying and understanding attitudinal diversity on multi-functional changes in Ukrainian Carpathians. *Climate Research*, 73, 45–56.
- Soloviy I. P., Nijnik M., Deyneka A.M., Melnykovich M. (2017) Reimagining forest policy, institutions and instruments through concepts of ecosystem services and social innovations: Ukraine in the focus. *Sci. Bull., UNFU*, 27(8):82–87.
- Nijnik, M., Nijnik, A., Sarkki, S., Muñoz-Rojas, J., Miller, D., & Kopiy, S. (2018). Is forest related decision-making in European treeline areas socially innovative? A Q-methodology enquiry into the perspectives of international experts. *Forest Policy and Economics*, 92, 210–219.
- Nijnik, M., Kluvankova, T., Nijnik, A., Kopiy, S., Melnykovich, M., Sarkki, S., ... Miller, D. (2020). Is there a scope for social innovation in Ukrainian forestry? *Sustainability*, 12, 9674.
- Nijnik, M., Kluvankova, T., Melnykovich, M., Nijnik, A., Kopiy, S., Brnkalakova, S., ... Miller, D.

(2021). An Institutional Analysis and Reconfiguration Framework for Sustainability Research on Post-transition Forestry: a focus on Ukraine. *Sustainability*, 13(8), 4360.

Melnykovich, M., Nijnik, M., Soshenskyi, O., Soloviy et al. Pathways for Ukraine's post-war nature recovery: Focus on forest socio-ecological systems. *Ambio* (2025).

INNOVATIVE SOCIO-ECOLOGICAL AND ECONOMIC RESEARCH ON FORESTS AND FORESTRY

(on the occasion of the 70th anniversary of the birth of Professor Maria Nyzhnyk, Doctor of Economic and Social Sciences, member of the editorial board of the collection «Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine»)

I. Soloviy¹, L. Kopyi², L. Zahvoyska³

Maria Nijnik is well-known resource, ecological and climate change economist and a social scientist, Science Group Leader – Land and People; Research Leader – Natural Capital Valuation and Member of Science Strategy Group, The James Hutton Institute (Scotland UK). Maria has been working at the Institute since 2002, after a period of postdoctoral research at the Free University, Amsterdam, and Wageningen University, in the Netherlands. She has a PhD in Social Sciences from Wageningen University in co-operation with the University of Victoria in Canada. Also, she has post-graduate qualifications from the Mansholt Institute and the Netherlands Network of General and Quantitative Economics (NAKE), a MSc in Environmental Policy and Management (EPCem) from the Network of Dutch Universities, and a MSc/Dipl. Engineer's degree with Distinction in forestry and wood-processing technology. She also has PhD in Economics, and is Professor in Forest Policy and Economics, Awardee of the Scientific Achievement Award of the International Union of Forest Research Organizations (IUFRO) for her outstanding contributions to social science research on forestry,

climate change and stakeholder evaluation, Awardee of Scientific Achievement Honour in recognition of her distinguished research in the field and her effectual Scientific Knowledge Exchange with Ukraine, the IUFRO-2022 Recognition, and she is a holder of several of BBSRC exceptional Performance Awards.

The research interests of Professor Nizhnik focus on the following areas: the socio-economics of climate change, including developing mechanisms to mitigate its effects through forestry; ecosystem services assessment: the monetary and non-monetary valuation of forest functions, which is critical for management decision-making; research on the heterogeneity of stakeholder preferences regarding the multifunctional use of forests, and on decision-making in forestry and forest management, using Q-methodology; the sustainable development of mountain areas, with a particular focus on the Carpathian region and the balance between biodiversity conservation and the well-being of local communities; bioeconomy and renewable energy: analysing the potential of forest biomass as an energy source.

¹ *Ihor Soloviy* – Full Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, vice-president of the Ukrainian Forestry Academy of Sciences, Doctor of Economic Sciences, Professor of the Department of Economics, Tourism and Recreation. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka St., Lviv, 79057, Ukraine. E-mail: soloviy@yahoo.co.uk ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5885-6264>

² *Leonid Kopyi* – Full Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Doctor of Agricultural Sciences, Head of the Department of Ecology, Professor Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka St., Lviv, 79057, Ukraine. E-mail: kop.l@i.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6672-3904>

³ *Lyudmyla Zahvoyska* – Corresponding Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, PhD in Economic Sciences, Professor of the Department of Economics, Tourism and Recreation. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka St., Lviv, 79057, Ukraine. E-mail: lyudmyla.zahvoyska@nltu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0028-4723>

УДК 630.5

НАУКОВИЦЯ З ТЕОРЕТИЧНИХ І ПРАКТИЧНИХ АСПЕКТІВ ЛІСОВОГО ҐРУНТОЗНАВСТВА (до 60-річчя від дня народження академіка Лісівничої академії наук України, доктора сільськогосподарських наук С.П. Распопіної)

В.Л. Мєшкова¹, В.П. Пастернак²

Висвітлено основні аспекти теоретичної і практичної діяльності, доктора сільськогосподарських наук, академіка Лісівничої академії наук України С.П. Распопіної, спрямованої на отримання нових знань та їх застосування для вирішення завдань лісового ґрунтознавства, плантаційного лісовирощування, лісорозведення, створення штучних насаджень в умовах Степу, оцінювання лісорослинного потенціалу та лісопридатності ґрунтів.

У 1989 р. С.П. Распопіна отримала диплом вченого агронома агрохіміка-ґрунтознавця в Харківському сільськогосподарському інституті ім. В.В. Докучаєва (тепер – Державний біотехнологічний університет). Після закінчення аспірантури захистила кандидатську дисертацію у 2003 р. на тему: «Аеротехногенна трансформація соснових екосистем середньої течії басейну р. Сіверський Донець». У 2012 р. отримала наукове звання старшого наукового співробітника. У 2017 р. захистила докторську дисертацію на тему: «Наукові основи оцінювання лісорослинного потенціалу та лісопридатності ґрунтів рівнинної частини України» і отримала диплом доктора сільськогосподарських наук за спеціальністю 06.03.03 Лісознавство і лісівництво. В Українському науково-дослідному інституті лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г.М. Висоцького (УкрНДІЛГА) працює з 1991 р. з перервою на навчання в докторантурі, викладання й завідування кафедрою лісових культур, меліорацій та садово-паркового господарства в Харківському НАУ ім. В.В. Докучаєва (2014–2023 р.). З вересня 2023 р. – завідувачка лабораторії лісового ґрунтознавства УкрНДІЛГА, яку очолювала впродовж 2009–2014 рр., та за сумісництвом – доцент кафедри лісових культур, меліорацій та садово-паркового господарства Державного біотехнологічного університету. Викладає низку початкових дисциплін – ґрунтознавство в лісових і садово-паркових господарствах, плантаційне лісовирощування, зональні протиерозійні системи, лісові породи в зеленій енергетиці.

Наукові інтереси вченої охоплюють питання оцінювання лісорослинного потенціалу та лісопридатності ґрунтів, лісорозведення на малопродуктивних і нелісових землях, плантаційного лісовирощування, лісотипологічного оцінювання земель, вирощування насаджень лісових і декоративних видів, дослідження ґрунтів у національній інвентаризації лісів.

Автор і співавтор близько 200 публікацій і навчально-методичних розробок, зокрема семи монографій, шести праць, що індексуються в наукометричних базах Scopus та Web of Science, чотирьох навчально-методичних практикумів та рекомендацій, декількох галузевих нормативних документів.

¹ Мєшкова Валентина Львівна – академік Лісівничої академії наук України, керівник Східного відділення ЛАН України, доктор сільськогосподарських наук, професор. Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького, вул. Григорія Сковороди, 86, Харків, 61024, Україна. E-mail: Valentynameshkova@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6483-2736>

² Пастернак Володимир Петрович – академік Лісівничої академії наук України, доктор сільськогосподарських наук, професор. Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г.М. Висоцького, вул. Григорія Сковороди, 86, Харків, 61024, Україна. E-mail: pasternak65@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1346-1968>



Лісове ґрунтознавство викладають на всіх лісових факультетах закладів вищої і фахової передвищої освіти, оскільки успішне створення й вирощування лісів неможливе без урахування місця й екологічних функцій ґрунту у лісовій екосистемі, його реакції на дію природних і антропогенних чинників. Серед учених України, які присвятили життя практичним і теоретичним питанням лісового ґрунтознавства, чільне місце посідає Світлана Петрівна Распопіна, доктор сільськогосподарських наук, академік Лісівничої академії наук України.

Світлана Распопіна народилася 25 листопада 1965 р. у м. Харкові. У 1982 р. закінчила школу №55 і розпочала трудовий шлях у лабораторії рекультиваци земель УкрНДІ ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського. Після завершення навчання (1984–1989 рр.) на факультеті агрохімії та ґрунтознавства Харківського сільськогосподарського інституту ім. В.В. Докучаєва (ХСГІ) (тепер – Державний біотехнологічний університет) отримала диплом вченого агронома, агрохіміка-ґрунтознавця. З вересня 1991 р. була прийнята на посаду інженера II категорії лабораторії екології УкрНВО «Ліс» (тодішня назва Українського науково-дослідного інституту лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г.М. Висоцького (УкрНДІЛГА)). Усе подальше трудове життя С.П. Распопіної пов'язано як з УкрНДІЛГА, так і з ХСГІ–ХНАУ–ДБТУ.

У ті часи лабораторією екології УкрНДІЛГА керував професор П.С. Пастернак, який впродовж певного періоду вивчав взаємодію між лісом і ґрунтом в основних типах лісу Українських Карпат, впродовж 1968–1990 рр. очолював УкрНДІЛГА, а пізніше основну увагу присвятив науковим дослідженням з питань екології лісу. В цій лабораторії також працювала доктор сільсь-

когосподарських наук, професор Олена Сергіївна Мігунова – видатна науковиця, яскрава постать у лісовому ґрунтознавстві та послідовна продовжувачка традицій Української школи лісової типології. Лабораторією ґрунтознавства керував професор І.І. Смолянінов – автор багатьох наукових робіт, присвячених кругообігу речовин у лісовому середовищі, людина надзвичайно широкої ерудиції. Спілкування з такими ерудованими фахівцями мало значний вплив на формування наукового світогляду С.П. Распопіної, а активна участь у здійсненні різноманітних масових аналізів ґрунтів, які виконували за замовленням різних підрозділів УкрНДІЛГА, доступними на той час методами, сприяла вдосконаленню практичних навичок молодой науковиці. Основним напрямом досліджень лабораторії екології на той час було оцінювання антропогенного впливу на компоненти лісових екосистем, зокрема ґрунтів і лісових підстилок.

Після смерті П.С. Пастернака у 1994 р. лабораторію екології очолив кандидат с.-г. наук В.П. Ворон (тепер – доктор сільськогосподарських наук), який продовжив, розширив і поглибив дослідження впливу техногенного забруднення, рекреації та пожеж на компоненти лісових екосистем. Він зібрав колектив виконавців із різною освітою та колом наукових інтересів, що дало змогу комплексно підійти до вирішення екологічних проблем лісу. Серед виконавців були ботанік М. Бондарук, зоолог О. Целішев, географ-дендрохронолог І. Коваль. Саме в цей період (1995–1999 рр.) С.П. Распопіна пройшла навчання в аспірантурі і під керівництвом В.П. Ворона у 2003 р. успішно захистила кандидатську дисертацію на тему «Аеротехногенна трансформація соснових екосистем середньої течії басейну р. Сіверський Донець».

Пізніше у рамках науково-дослідної тематики лабораторії вченою розроблено кількісні діагностичні шкали визначення стадій рекреаційної дигресії лісових екосистем за показниками твердості й щільності ґрунтів та запасами лісових підстилок, а також здійснено прогноз щодо напрямку змін основних лісорослинних властивостей ґрунтів залежно від рівня рекреаційного впливу. Науковицею встановлено систему показників моніторингу ґрунтів в умовах промислового забруднення екосистем соснових лісів і критерії оцінювання ступеня рекреаційного навантаження на лісові екосистеми за ґрунтовими показниками.

Свою діяльність в УкрНДІЛГА С.П. Распопіна починала як інженер-хімік, та продовжила як талановитий науковець, обіймаючи посади молодшого наукового співробітника сектора екології лісу (1999 р.), наукового співробітника цього сектора (2000 р.), завідувачки сектора лісового ґрунтознавства (2005-2008 рр.), завідувачки лабораторії лісового ґрунтознавства (2009-2014 рр.). У 2012 р. їй було присвоєно вчене звання старший науковий співробітник.

Впродовж 2004-2009 рр. дослідження С.П. Распопіної були присвячені оцінюванню лісорослинного потенціалу ґрунтів основних типів лісу Лівобережного Лісостепу. Це дало змогу визначити основні характеристики опаду, лісових підстилок і ґрунтів у деревостанах свіжої кленово-липової та свіжої ясенєво-липової дібров і свіжого дубово-соснового субору Слобожанського лісорослинного району. Вченою оцінено гумусний стан лісових ґрунтів; розроблено систему діагностичних показників лісових ґрунтів основних типів лісу Лівобережного Лісостепу, що характеризують їхню родючість; визначено залежності продуктивності лісових насаджень від кількісно оціненого лісорослинного потенціалу ґрунтів; розроблено «Методичні рекомендації з якісної та кількісної оцінки лісорослинного потенціалу ґрунтів основних ТЛУ і типів лісу Лівобережного лісостепу (у межах Слобожанського лісотипологічного району)» (2004 р.).

Впродовж 2010-2014 рр. увагу науковиці було спрямовано на розробку системи діагностичних показників ґрунтів для оцінювання їхньої придатності для заліснення у рівнинних умовах України. Було проаналізовано вітчизняний і світовий досвід щодо оцінювання лісорослинного потенціалу земель та у різних природних умовах проведено комплексні дослідження на піщаних землях, щільних породах та ерозійних землях для оцінювання їхньої лісопридатності. Розроблено індикатори для оцінювання рівня лісопридатності ґрунтів з укороченим профілем в умовах південного Степу. Підсумком досліджень є «Методика

визначення придатності ґрунтів для лісорозведення» (2014 р.).

У 2011 р. працівниками лабораторії лісового ґрунтознавства, яку очолювала С.П. Распопіна, здійснено дослідження з визначення пулів вуглецю у різних компонентах лісових екосистем за різними природними зонами України. Результати цих досліджень покладено в основу складання Національної звітності України з оцінювання пулів і джерел емісії парникових газів у лісовому господарстві, що дало змогу Україні відновити міжнародну торгівлю квотами на викиди парникових газів. Лабораторія брала участь у європейському інтеркалібраційному тестуванні лабораторій лісового ґрунтознавства за програмою ICP Forests, що дало змогу перевіряти рівень і якість аналітичних робіт, а також співвідносити його з результатами інших лабораторій Європи. За результатами інтеркалібраційного тестування лабораторія лісового ґрунтознавства УкрНДІЛГА за допустимого рівня похибки досліду до 15% показала похибки аналітичних визначень основних елементів мінерального живлення рослин в межах 1,5–7%, а переважно не більше 3%.

У 2014 р. С.П. Распопіна вступила в докторантуру за спеціальністю 06.01.03. «Агроґрунтознавство та агрофізика» в Харківському НАУ ім. В.В. Докучаєва. У 2017 р. вона захистила дисертацію на тему: «Наукові основи оцінювання лісорослинного потенціалу та лісопридатності ґрунтів рівнинної частини України» і отримала диплом доктора сільськогосподарських наук за спеціальністю 06.03.03 Лісознавство і лісівництво.

Проведені дослідження дали змогу вченій розробити пакети маркерів для оперативного й ефективного оцінювання лісорослинного потенціалу різних типів ґрунтів і типів лісорослинних умов лісових та колишніх сільськогосподарських земель у різних природних зонах рівнинної частини України й встановити доцільність їхнього заліснення.

Впродовж 2017-2023 рр. вчена була завідувачкою кафедри лісових культур і меліорацій в Харківському НАУ ім. В.В. Докучаєва, яка після об'єднання двох кафедр (2022 р.) має нову назву – кафедра лісових культур, меліорацій та садово-паркового господарства ДБТУ.

В цей період, окрім активної участі в освітньому процесі, вчена була керівником двох наукових тем: «Дослідити способи вирощування садивного матеріалу сосни жорсткої, Павловнії Z07 Rao Tong (SuperHybrid) та його використання при створенні лісових культур на зрубах в осередках кореневої губки у ДП «Скрипаївське НДЛГ ХНАУ ім. В.В. Докучаєва» і «Дослідити сучасний

стан лісових насаджень різного цільового призначення Південно-Східної частини України та розробити заходи щодо його покращення» (№ ДР 0121U109703, 2020-2022 рр.)

З вересня 2023 р. учена є завідувачкою лабораторії лісового ґрунтознавства УкрНДІЛГА ім. Г.М. Висоцького, яку очолювала у 2009-2014 рр., а за сумісництвом – доцентом кафедри лісових культур, меліорацій та садово-паркового господарства ДБТУ, де викладає навчальні дисципліни «Ґрунтознавство в лісових і садово-паркових господарствах», «Плантаційне лісовирощування», «Зональні протиерозійні системи», «Лісові породи у зеленій енергетиці».

Після повернення в УкрНДІЛГА С.П. Распопіна активно включилася у виконання тематики з моніторингу лісів (керівник І.Ф. Букша) з питань методики оцінювання лісових ґрунтів. Ученою адаптовано методичні підходи для виконання спостережень на ділянках моніторингу I та II рівнів у межах натурного, аналітичного етапів та верифікації результатів у лабораторних інтеркалібраційних тестуваннях.

З 2025 р. вчена є виконавицею етапу «Оцінювання поживного статусу ґрунту (вмісту NPK, карбону) та його вологості для борової групи місцевостань у контексті поширення ґрунтових грибів на модельних об'єктах», який є окремою складовою теми щодо розроблення заходів зі збереження біологічного різноманіття та підвищення стійкості порушених лісових екосистем.

Учена є автором і співавтором близько 200 наукових робіт і навчально-методичних розробок, зокрема семи монографій, шести праць, що індексуються в наукометричних базах Scopus та Web of Science, чотирьох навчально-методичних практикумів і рекомендацій, декількох галузевих нормативних документів.

Основні наукові праці

Raspopina, S. P. (2023). Methodology for determining the suitability of soils for afforestation in plain part of Ukraine. *Man and Environment. Issues of Neoecology*, 39, 27–38. <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2023-39-03>.

Raspopina, S., Neyko, I., Boiko, S. (2011). Wpływ skały macierzystej na produktywność lasów dębowych lasostepu lewobrzeżnej Ukrainy. *Leśne Prace Badawcze (Forest Research Papers)*, 72(2), 115–119.

Букша, І. Ф., Распопіна, С. П., Пастернак, В. П. (2012). Запаси органічного вуглецю у ґрунтах та підстилці на ділянках моніторингу лісів. *Лісівництво і агролісомеліорація*, 120, 106–113.

Ведмідь, М. М., Дебринюк, Ю. М., Юхновський, В. Ю., Распопіна, С. П., Біла, Ю. М. (2019).

Основні засади стратегії лісорозведення в Україні. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 19, 89–100.

Ведмідь, М. М., Распопіна, С. П. (2010). Оцінка лісорослиного потенціалу земель. Оцінка лісорослиного потенціалу земель: Методичний посібник. Київ: Видавничий дім «ЕКО інформ». 84 с.

Горошко, В. В., Біла, Ю. М., Распопіна, С. П., Діденко, М. М., Гордіященко, А. Ю., Юхновський, В. Ю. (2022). Лісові насадження водозборів річок середньої течії Сіверського Дінця: монографія. Київ: Видавничий дім «Кондор». 208 с.

Распопіна С.П. (2018). Методика визначення придатності ґрунтів для лісорозведення. Київ. 22 с.

Мешкова, В. Л., Діденко, М. М., Распопіна, С. П., Біла, Ю. М., Горошко, В. В. (2024). *Природне насіннєве відновлення дуба звичайного в південній частині Лівобережного Лісостепу України*: монографія Харків: «Факт». 146 с.

Плугатар, Ю. В., Распопіна, С. П. (2009). Ґрунти гірського Криму та деякі пропозиції щодо їх описання. *Науковий вісник НЛТУ України*. 19.3. 13–22.

Распопіна, С. П. (2008). Гранулометричний склад піщаних ґрунтів та продуктивність соснових лісів. *Науковий вісник Чернівецького університету: Збірник наукових праць*. 403-404: Біологія. 207–214.

Распопіна, С. П. (2008). Енергоємність блоку «підстилка-ґрунт» у різних типах лісорослиних умов. *Лісівництво і агролісомеліорація*. 113. 172–176.

Распопіна, С. П. (2008). Лісорослинна оцінка земель, що виводяться із сільськогосподарського користування. *Вісник ХНАУ*. №1. 236–238.

Распопіна, С. П. (2009). Властивості ґрунтуутворюючих порід і продуктивність дубових лісів Слобожанського лісорослиного району. *Лісівництво і агролісомеліорація*. 115. 181–187.

Распопіна, С. П. (2011). Основні типи місцевостань Слобожанського лісотипологічного району та ґрунтові показники для оцінювання їх лісорослиного потенціалу. *Науковий вісник НЛТУ України*. 21.12. 67–72.

Распопіна, С. П. (2012). Діагностичні показники для оцінювання лісорослиного потенціалу піщаних земель України. *Науковий вісник НЛТУ України*. 22.5. 78–82.

Распопіна, С. П. (2012). Класифікація піщаних ґрунтів України за їх лісопродуктивною здатністю. *Науковий вісник Чернівецького університету*. 4 (3). 333–338.

Распопіна, С. П. (2012). Оцінювання лісорослиного потенціалу земель. *Лісівництво і агролісомеліорація*. 121. 51–57.

Распопіна, С. П. (2019). Піщані ґрунти та стан лісорозведення у зоні інтенсивної дефляції України. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*. 19. 34–73.

Распопіна, С. (2020). Запаси органічного карбону в блоці «підстилка – ґрунт» соснової екосистеми Поліського регіону. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія*. 4 (91). 68–73.

Распопіна, С. П., Ведмідь, М. М., Біла, Ю. М., Горошко, В. В. (2019). Стан та основні проблеми лісорозведення в Україні, "*Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*". 10 (4). 64–72.

Распопіна, С. П., Дегтярьов, В. В. (2016). Діагностика лісопридатності неповнорозвинених ґрунтів Південного Степу України. *Агроекологічний журнал*. 4. 90–95.

Распопіна, С. П., Нейко, І. С. (2010). Діагностична характеристика ґрунтів доміантних типів лісу Слобожанського лісотипологічного району. *Науковий вісник НЛТУ України*. 20.5. 45–52.

Распопіна, С. П., Швець, Ю. П., Селіванова, Л. О. (2012). Лісопридатність чорноземів південних карбонатних недорозвинених в умовах Степового Криму. *Лісівництво і агролісомеліорація*. 122. 116–124.

За вагомі наукові досягнення С.П. Распопіну нагороджено Почесною Грамотою Держкомлісто-

спу України (2005 р.), годинником від голови Державного агентства лісових ресурсів України (2010 р.), грамотами УкрНДІЛГА (2013, 2025 рр.).

Колектив УкрНДІЛГА, члени Лісівничої академії наук України, колеги і друзі щиро вітають Світлану Петрівну із знаменним ювілеєм – 60-річчям від дня народження! Ваша багаторічна наукова та практична діяльність, як доктора наук та академіка ЛАН України є яскравим прикладом відданості науці та прагнення до нових знань. Завдяки Вашій невтомній роботі зроблено вагомий внесок у розвиток лісового ґрунтознавства, плантаційного лісовирощування та створення штучних насаджень у Степовій зоні. Наукові інтереси, що охоплюють оцінювання лісорослиного потенціалу, лісопридатності ґрунтів, лісорозведення на малопродуктивних і нелісових землях, лісотипологічну оцінку земель та вирощування насаджень лісових і декоративних видів, стали фундаментом для розвитку лісівничої науки в Україні. Ваша наукова спадщина свідчить про високу професійну майстерність, невтомну працю і значний авторитет у науковій спільноті.

Бажаємо Вам, Світлано Петрівно, міцного здоров'я, невичерпної енергії, нових наукових звершень, радості від життя та щастя у колі рідних і близьких. Нехай Ваш досвід, мудрість та натхнення і надалі слугують прикладом для молодого покоління вчених! Бажаємо Вам подальшої плідної праці, міцного здоров'я і творчої наснаги!

A SCHOLAR IN THE THEORETICAL AND PRACTICAL ASPECTS OF FOREST SOIL SCIENCE

(on the occasion of the 60th anniversary of the birth of S.P. Raspopina, Academician of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Doctor of Agricultural Sciences)

V. Meshkova¹, V. Pasternak²

Raspopina Svitlana Petrivna – the Full Member of Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Doctor habil. (Agricultural Sciences), celebrated her 60th birthday. This article is dedicated to her scientific life. In 1989, she received a diploma as an agronomist, agrochemist, and soil scientist from the V.V. Dokuchaev Kharkiv Agricultural Institute (now the State Biotechnological University – SBTU). After completing her postgraduate studies, in 2003 she

defended her PhD thesis, titled “Aero-technogenic transformation of pine ecosystems in the middle reaches of the Siverskyi Donets River basin.” In 2012, she received the title of Senior Researcher. In 2017, she defended her Doctor Habilitatus thesis “Scientific foundations of assessing the forest and vegetation potential and forest suitability of soils in the plain part of Ukraine”. From 2024, she has been a Full Member of the Forestry Academy of Sciences of

¹ Valentyna L. Meshkova – Full Member of Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Doctor habil. (Agricultural Sciences), professor, the G.M. Vysotsky Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration, 86 Hryhoriia Skovorody St., Kharkiv, 61024, Ukraine. E-mail: Valentynameshkova@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6483-2736>

² Volodymyr P. Pasternak – Full Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Doctor habil. (Agricultural Sciences), professor, the G.M. Vysotsky Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration, 86 Hryhoriia Skovorody St., Kharkiv, 61024, Ukraine. E-mail: pasternak65@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1346-1968>

Ukraine. S. Raspopina has been working in the Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration named after G.M. Vysotsky (URIFFM) since 1991, with a break for doctoral studies, teaching, and heading the Department of Forest Plantations, Land Reclamation, and Gardening and Park Management at the Kharkiv National University named after V.V. Dokuchaev (now SBTU) (2014–2023). Since September 2023, she has been the head of the Laboratory of Forest Soil Science of the Ukrainian Research Institute of Forestry and Forestry named after G.M. Vysotsky, which she already headed in 2009–2014, and part-time associate professor at the Department of Forest *Plantations, Land Reclamation and Gardening and Park Management* at the SBTU, where she teaches soil science in forest and gardening and park economies, plantation afforestation, zonal anti-erosion systems,

and forest species in green energy. The scientific interests of S. Raspopina include the assessment of forest site potential and soil suitability for forest, afforestation on low-productivity and non-forest lands, plantation afforestation, forest typological assessment of lands, cultivation of forest and ornamental species, and soil research in the National Forest Inventory.

S. Raspopina is the author and co-author of about 200 publications, including 7 monographs, 5 papers indexed by Scopus and Web of Science, 4 textbooks, and several regulatory documents.

For significant scientific achievements, S. Raspopina was awarded Honorary Diplomas of the State Committee for Forestry of Ukraine (2005), a watch from the Head of the State Agency of Forest Resources of Ukraine (2010), and diplomas of the URIFFM (2013, 2025).

ДО УВАГИ АВТОРІВ

У «Наукових праць Лісівничої академії наук України» публікуються оригінальні наукові статті та наукові огляди з теоретичних і прикладних питань лісового та садово-паркового господарства, біології, екології та природно-заповідної справи, економіки природокористування і менеджменту, лісової інженерії, ресурсощадних та еколого-безпечних технологій деревообробки, машин і механізмів лісгосподарського комплексу, інформаційних технологій галузі.

Редакція приймає до опублікування статті обсягом 15-30 сторінок машинописного тексту, надрукованого через 1,5 інтервала. Формат документа – А4, формат файлу – *.docx (MS Word 2010, 2013), шрифт Times New Roman, 14 pt. Поля – 2 см по периметру. В редакцію подається електронний варіант статті.

Текст наукової (експериментальної) статті подається за такою структурою: вступ; об'єкти і методика дослідження; результати; дискусія; висновки; подяка (за потреби); список літератури.

Оглядова стаття може мати різну кількість структурних підрозділів із довільними назвами, але вказані пункти є обов'язковими: вступ; висновки; список літератури. В обох випадках інформація про авторів подається двома мовами – українською та англійською.

У «Вступі» повинна бути сформульована актуальність теми, а в «Об'єкті та методиці досліджень» – об'єкт дослідження, предмет дослідження та мета роботи.

До друку приймаються статті українською та англійською мовами. До кожної статті подаються анотації двома мовами.

У виносці подають відомості про всіх авторів, в якій вказують членство в Академії (за наявності), науковий ступінь і наукове звання, місце роботи, робочу адресу, електронну адресу та відкритий ідентифікатор наукового дослідника ORCID.

Обсяг анотації українською мовою – 22-25 рядків або 1400-1600 знаків. Обсяг анотації англійською мовою повинен становити не менше 40 рядків або 2600 знаків. Ключові слова в обсяг анотації не входять.

Для статей, написаних англійською мовою, потрібно додати розширену анотацію українською мовою – 40-45 рядків. Обсяг анотації англійською мовою складає 22-25 рядків (без ключових слів).

В анотаціях максимально повно в межах зазначеного обсягу повинні бути відображені основні результати досліджень. Потрібно уникати загальних виразів («У статті наведено результати...», «Обґрунтовано висновки...», «Наведено дані щодо...» і т.п.). Анотації повинні бути написані чітко, зрозуміло і лаконічно.

Ключові слова/словосполучення (10-12 шт.) не повинні дублювати заголовка статті.

Список літератури повинен вміщати не менше 15 літературних джерел. Бажано наводити посилання на джерела, опубліковані після 2010 року, особливо ті, які мають індекс *doi*. Самоцитування – не більше 15% (два-три джерела). Під час формування списку літературних джерел необхідно користуватись вимогами APA 6th Edition.

У «Списку літератури» необхідно наводити лінк, за яким джерело доступне в мережі Інтернет, або індекс *doi*. За можливістю варто уникати посилань на літературні джерела, які відсутні в інтернет-ресурсах.

Транслітерація літературних джерел в статтях не допускається. Список бібліографічних посилань повинен бути наведений англійською мовою, а в квадратних дужках – мовою оригіналу. У круглих дужках необхідно вказати мову, на якій видано літературне джерело (напр., in Ukrainian). Якщо робота видана англійською мовою, то мову в дужках вказувати не потрібно.

Особливу увагу авторів звертаємо на правильне подання «Списку літератури» та англомовну частину публікації. Статтю читатиме міжнародна аудиторія науковців, тому текст анотації повинен бути чітким і зв'язним, а її зміст – зрозумілим без ознайомлення з основним змістом самої статті. У статті потрібно застосовувати фахову термінологію, яку використовують у профільних міжнародних англомовних виданнях.

Текст статті, анотації, назви таблиць, список літератури подаються шрифтом Times New Roman 14. Підписи до рисунків – шрифтом Times New Roman 12, вирівняні по центру. Фотографії та рисунки подаються безпосередньо у статті, а також окремим файлом у форматі *.jpg, чи оформленні у середовищі MS Excel. Назви таблиць та підписи до рисунків в україномовних статтях потрібно дублювати англійською мовою.

Не можна подавати посилання на таблицю або рисунок окремим реченням. За наявності у

тексті лише однієї таблиці чи рисунку їх не нумерують, а в тексті подають відповідне посилання: табл. (рис.). За повторного посилання на елемент потрібно вказувати (див. табл.; див. рис.).

Назви таблиць і рисунків (а також примітки до них) мають бути вичерпними і чітко сформульованими, щоб читач зміг зрозуміти їхній зміст, не вдаючись до пошуку відповідних пояснень у структурних підрозділах статті.

У таблицях повинні бути відсутні вертикальні лінії. Подаються лише горизонтальні лінії – у «шапці» та наприкінці таблиці.

Потрібно розрізняти символи «—», «—» та «-».

Перший із них у рукописі статті не використовують. Необхідно звернути увагу на правильність вживанням службових частин мови: «в», «у»; «і», «та»; «з», «із», «зі» тощо. Під час формулювання речень потрібно уникати слова «було»: без нього, зазвичай, зміст речення не змінюється. У статті бажано не використовувати скорочення наукових термінів.

Не рекомендовано вживати у тексті пасивний формат: «дослідження здійснювалися», «результати опрацьовувалися» тощо; потрібно – «дослідження здійснено», «результати опрацьовано» і т.д.

Представлені результати досліджень повинні бути опрацьовані математичними методами, що підтверджує їхню достовірність. Без такого опрацювання статті до друку не приймаються.

Найважливішою частиною наукової статті є висновки, де наводять підсумки здійсненого дослідження, узагальнення і пропозиції щодо завдань, сформульованих у вступі. Висновки формулюють чітко, лаконічно і зрозуміло, вони повинні виходити із результатів проведених досліджень. У висновках зазначають ступінь досягнення поставленої мети роботи за допомогою використаних методів і методики досліджень. Вдало сформульовані висновки логічно закінчують наукову роботу, роблять її цілісною і завершеною.

Висновки повинні бути пронумерованими, короткими і поданими у вигляді тексту.

У збірнику праць «Наукові праці Лісівничої академії наук України» не можуть бути опубліковані матеріали, які вже раніше публікувалися в інших наукових збірниках. Редакційна колегія наукового видання залишає за собою право відхиляти статті, які не відповідають вимогам і тематиці збірника.

Наукові статті, що надійшли до редакції, про-

ходять процес рецензування. Форми рецензування статей: внутрішня; зовнішня.

Заступник головного редактора визначає відповідність статті профілю журналу і скеровує її на рецензування фахівцям – докторам чи кандидатам наук, які мають близьку до теми статті наукову спеціалізацію.

Матеріали рецензують члени редакційної колегії наукового видання та / або сторонні незалежні експерти, виходячи з принципу об'єктивності і з позицій вищих міжнародних академічних стандартів якості. Терміни рецензування в кожному окремому випадку визначаються відповідальним редактором з урахуванням створення умов для максимально оперативної публікації статті.

Наявність позитивної рецензії не є достатньою підставою для публікації статті. Остаточне рішення про доцільність опублікування приймає редакційна колегія.

Після прийняття до друку наукові матеріали проходять процес редагування. Редакція залишає за собою право на стилістичну правку рукопису, літературне редагування та скорочення текстів зі збереженням авторського стилю. З автором узгоджуються правки, які, на думку редакції, можуть не зовсім точно передати зміст тексту.

Відповідальність за достовірність інформації у статтях, точність назв, статистичних даних, прізвищ і цитат несуть автори. Для уникнення некоректних запозичень або використання результатів дослідження третіх осіб автори зобов'язані дотримуватись етики наукового цитування.

У випадках виявлення плагіату відповідальність несуть автори наданих матеріалів.

Після прийняття редколегією рішення про допуск статті до публікації відповідальний секретар інформує про це автора і вказує терміни публікації. Оригінали рецензій зберігаються у редакційній колегії і в редакції наукового журналу. Прийняті до друку наукові матеріали не повертаються та не можуть бути надруковані в інших наукових журналах.

Детальніша інформація для авторів щодо правил подачі статей до збірника «Наукові праці Лісівничої академії наук України», оформлення «Списку літератури», політики відкритого доступу подана на сайті збірника наукових праць: <https://fasu.nltu.edu.ua/index.php/nplanu>

Збірник наукових праць
Наукові праці Лісівничої академії наук України

Випуск 29
2025 р.

Науковий редактор: Ю. М. Дебринюк, проф., д-р с.-г. наук
Редактор англomовних текстів: В. Лентяков
Літературний редактор: А. Павлишин
Фото на обкладинці Ю. М. Дебринюка

Підписано до друку 29.12.2025 р. Формат 60×84/8. Папір офсетний.
Друк офсетний. Гарнітура Times New Roman.
Ум. друк. арк. 36,50. Обл.-вид. арк. 42,18.
Наклад 300 прим. Зам. № 3153

Видавець: Редакційно-видавничий центр НЛТУ України
79057, м. Львів, вул. Генерала Чупринки, 134/16
Тел.: (032) 240-23-50. E-mail: lan@nltu.edu.ua

Верстання та друк: ТЗОВ «Компанія «Манускрипт»»
вул. Руська, 16/3, м. Львів, 79008
Тел.: (032) 235-60-00

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до державного реєстру видавців, виготівників і розповсюджувачів
видавничої продукції серія ДК № 3628 від 19.11.2009 р.

Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації
(Серія КВ, № 24099-13939Р від 31.07.2019 р.)

Згідно з «Переліком наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора наук, кандидата наук та ступеня доктора філософії», **Наукові праці Лісівничої академії наук України** віднесено до категорії «Б» за такими спеціальностями:

- 051** – Економіка (включено до Переліку 15.10.2019 р.);
- 091** – Біологія (включено до Переліку 28.12.2019 р.);
- 187** – Деревообробні та меблеві технології (включено до Переліку 28.12.2019 р.);
- 205** – Лісове господарство (включено до Переліку 15.10.2019 р.);
- 206** – Садово-паркове господарство (включено до Переліку 15.10.2019 р.).

<https://mon.gov.ua/ua/nauka/nauka/atestaciya-kadriv-vishoyi-kvalifikaciyi/naukovi-fahovi-vidannya>