

Національний лісотехнічний університет України
Лісівнича академія наук України

НАУКОВІ ПРАЦІ

ЛІСІВНИЧОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ

Випуск 25

Започатковано у 2001 р.

Львів
Видавництво «Компанія “Манускрипт”»
2023

Наукові праці Лісівничої академії наук України: збірник наукових праць. – Львів: Видавництво «Компанія “Манускрипт”», 2023. – Вип. 25. – 220 с.

У збірнику наукових праць опубліковано результати досліджень, в яких висвітлено біологічні аспекти рослинних угруповань, досягнення в царині лісівництва та лісознавства, лісових культур і лісової селекції, лісової таксації. Наведено результати досліджень у сфері відтворення та покращення стану лісових насаджень, захисту лісів 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 лісової промисловості.

Рекомендовано до друку Вченою радою НЛТУ України та Президією ЛАН України (протокол №10 від 23.11.2023 р.).

Редакційна колегія:

професор Ігор Соловій,
професор Юрій Дебринюк,
професор Норберт Вебер,
професор Анджей Возняк,
професор Анатолій Гойчук,
професор Ервін Гуссендборфер,

професор П'єр Л. Ібіш,
професор Петро Лакида,
професор Валентина Мешкова,

професор Степан Миклуш,
професор Віктор Ткач,

наук. співр. Володимир Троцюк,

доцент Олег Часковський,
професор Петер Шпатгельф,
професор Василь Лавний,
професор Володимир Крамарець,
професор Надія Олексійченко,

професор Григорій Криницький,
професор Володимир Заїка,
професор Мирослава Сорока,
професор Марія Нижник,
професор Лідія Заднік-Штірн,
професор Ллойд Ірленд,

професор Павло Бехта,
професор Володимир Голубець,
професор Юрій Грицюк,
професор Ігор Озарків,
професор Ян Седлячек,

д-р економічних наук – головний редактор;

д-р с.-г. наук – заступник головного редактора;

д-р габілітований, Технічний університет Дрездена, Німеччина;

д-р габілітований, Університет Природничий в Любліні, Польща;

д-р с.-г. наук, Національний ун-т біоресурсів і природокор. України, Київ;

д-р габілітований, Університет прикладних наук Вайснштефан-Трісдорф, м. Фрайзінг, Німеччина;

д-р габілітований, Університет сталого розвитку Еберсвальде, Німеччина;

д-р с.-г. наук, Державне підприємство «Ліси України», м. Київ;

д-р с.-г. наук, Український наук.-дослід. інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г.М. Висоцького, м. Харків;

д-р с.-г. наук, Національний лісотехнічний університет України, Львів;

д-р с.-г. наук, Український наук.-дослід. інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г.М. Висоцького, м. Харків;;

канд. с.-г. наук, Швейцарський федеральний інститут досліджень лісу, снігу і ландшафтів, Бірменсдорф;

канд. с.-г. наук, Національний лісотехнічний університет України, Львів;

д-р, Університет сталого розвитку Еберсвальде, Німеччина;

д-р с.-г. наук, Національний лісотехнічний університет України, Львів;

д-р с.-г. наук, Національний лісотехнічний університет України, Львів;

д-р с.-г. наук, Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова, Харків;

д-р біол. наук, Національний лісотехнічний університет України, Львів;

д-р біол. наук, Національний лісотехнічний університет України, Львів;

д-р біол. наук, Національний лісотехнічний університет України, Львів;

д-р ек. і соц. наук, Джеймс Хаттон Інститут, м. Абердин-Данді, Великобританія;

д-р економічних наук, Університет м. Любляна, Словенія;

д-р філософії з лісової політики та економіки, Факультет лісових ресурсів Університету Мен, США;

д-р техн. наук, Національний лісотехнічний університет України, Львів;

д-р техн. наук, Національний лісотехнічний університет України, Львів;

д-р техн. наук, Національний університет «Львівська політехніка», Львів;

д-р техн. наук, Національний лісотехнічний університет України, Львів;

д-р філософії, Технічний університет в м. Зволєн, Словаччина.

Науковий редактор: Юрій ДЕБРИНЮК

Літературний редактор: Анна ПАВЛИШИН

Редактор англomовних текстів: Володимир ЛЕНТЯКОВ

Технічне забезпечення видання: Маріанна КУК

Відповідальний секретар: Богдана ДЕБРИНЮК

Адреса видавництва: Видавництво «Компанія “Манускрипт”»

вул. Руська, 16/3, м. Львів, 79008

Тел: (032) 235-60-00; E-mail: debrynyuk@gmail.com; <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 25

Founded in 2001

Lviv
Company “Manuscript”
2023

Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine: Collection of Research Papers. – Lviv : Company “Manuscript”, 2023. – Vol. 25. – 220 p.

In this Collection of Research Papers the result of studies which are focused on biology of plant communities, scientific advancement in the field forestry and silviculture, forest plating, selection and forest biometry are published. As well as the results of studies in the field of forest restoration, forest protection, nature resource economics and management, forest engineering, and resource saving and environmentally safe wood processing technologies are covered.

The Collection is designed for researchers, faculty members of the universities, other educational institutions, and a wide audience of forest sector and timber industry professionals.

The Collection of Research Papers is approved for publication by the Academic Council of the Ukrainian National Forestry University and the Presidium of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine (*protocol number 10 dated from 2023.11.23*).

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 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 Lloyd Irland,</i>	<i>Ph D (Forest Policy and Economics), University of Maine School of Forest Resources, USA;</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*

Editor of English texts: *Volodymyr LENTIAKOV*

Technical support of the publication: *Marianna KUK*

Responsible secretary: *Bogdana DEBRYNYUK*

Publishers Address:

Publishing «Company “Manuscript”»

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

Tel: (032) 235-60-00; E-mail: debrynyuk@gmail.com; <http://fasu.nltu.edu.ua/index.php/nplanu>

ЗМІСТ

1. БІОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ РОСЛИННИХ УГРУПОВАНЬ

Т. Р. Прикладівська, Л. П. Осадча

ЕКОЛОГО-БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ <i>PARROTIA PERSICA</i> (DC.) С. А. МЕУ. В УМОВАХ ПРИМОРСЬКОЇ ПОСУШЛИВОЇ ТА ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОЇ ДОСТАТНЬО ЗВОЛОЖЕНОЇ КЛІМАТИЧНИХ ЗОН УКРАЇНИ	11
--	-----------

2. ЛІСОЗНАВСТВО, ЛІСІВНИЦТВО ТА МИСЛИВСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО

V. L. Meshkova, T. S. Pyvovar, O. A. Kuznetsova

THE AGE STRUCTURE OF <i>ULMUS</i> L. STANDS IN THE EASTERN REGIONS OF UKRAINE (Вікова структура насаджень <i>Ulmus</i> L. у східних регіонах України)	29
--	-----------

П. І. Ванджурак, Ю. М. Дебринюк, В. М. Савчин

ЛІСОСТАНИ ПОКУТСЬКИХ КАРПАТ: ПОШИРЕННЯ ТА ЛІСІВНИЧО-ТАКСАЦІЙНА ХАРАКТЕРИСТИКА	39
--	-----------

В. Ю. Дебринюк, М. М. Нечай, І. І. Коляджин, В. В. Лавний

УСПІШНІСТЬ ПРИРОДНОГО ПОНОВЛЕННЯ У СМЕРЕКОВИХ ПРАЛІСАХ НПП «ВЕРХОВИНСЬКИЙ»	56
---	-----------

А. М. Жежкун

ГРУПОВО-ПОСТУПОВІ РУБКИ У СОСНЯКАХ СХІДНОГО ПОЛІССЯ ЯК ВАЖЛИВА СКЛАДОВА ОРГАНІЗАЦІЇ НАБЛИЖЕНОГО ДО ПРИРОДИ ЛІСІВНИЦТВА	74
---	-----------

*Г. Т. Криницький, М. М. Король, В. В. Лавний, В. А. Ковальова, В. О. Крамарець,
О. Г. Криницька, В. К. Магуран*

ЛІСІВНИЧО-ЕКОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ПОШИРЕННЯ ТА ПІДВИЩЕННЯ БІОТИЧНОЇ СТІЙКОСТІ СОСНОВИХ ЛІСОСТАНІВ В УМОВАХ ЛЬВІВСЬКОГО РЕГІОНУ	87
--	-----------

В. В. Лавний, О. Б. Матусевич

ДИНАМІКА ТАКСАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ ЯЛИНОВИХ ДЕРЕВОСТАНІВ НА ПІВНІЧНО-СХІДНОМУ МАКРОСХІЛІ УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ	98
---	-----------

В. К. Магуран, Л. С. Осадчук

ОСОБЛИВОСТІ СЕЗОННОГО РОЗВИТКУ <i>JUGLANS REGIA</i> L. У ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ	113
--	------------

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

Я. Д. Фучило, Я. О. Кирилко

ПРОДУКТИВНІСТЬ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПЛАНТАЦІЙ ТОПОЛІ НА МАЛОГУМУСНИХ ЧОРНОЗЕМАХ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ	122
---	------------

4. ЛІСОВА ТАКСАЦІЯ ТА ЛІСОВПОРЯДКУВАННЯ

П. І. Лакида, В. О. Смолін

РЕСУРСНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ТА СТРУКТУРА КЛЕЙКОВІЛЬХОВИХ ДЕРЕВОСТАНІВ УКРАЇНСЬКОГО ПОЛІССЯ	128
---	------------

5. ЕКОЛОГІЯ, ЕКОНОМІКА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ ТА МЕНЕДЖМЕНТ

I. F. Buksha, T. S. Pyvovar, M. A. Bondaruk, V. P. Pasternak, S. V. Krakovska

VULNERABILITY ASSESSMENT OF UKRAINIAN FORESTS AS THE BASIS OF NATURE-BASED SOLUTIONS FOR MITIGATION AND ADAPTATION TO CLIMATE CHANGE (Оцінка уразливості лісів України як основа природо-орієнтованих рішень для запобігання та адаптації до зміни клімату)	138
--	------------

L. C. Irland, L. Iavorivska, S. Zibtsev, V. Myroniuk, B. Roth, A. Bilous

RUSSIAN INVASION: RAPID ASSESSMENT OF IMPACT ON UKRAINE'S FORESTS (Російське вторгнення: швидка оцінка впливу на ліси України)	146
---	------------

О. Р. Пелюх, І. П. Соловій, О. А. Кійко, М. М. Ільків, Т. О. Челепіс, В. В. Лавний

СЛІД БІОРІЗНОМАНІТТЯ ПРОДУКТУ: ТЕОРІЯ І МЕТОДОЛОГІЯ РОЗРАХУНКУ	156
---	------------

6. ДЕРЕВООБРОБНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ЛІСОВА ІНЖЕНЕРІЯ

П. А. Бехта, І. І. Кусняк, О. М. Чернецький, Н. С. Бехта, Р. О. Козак, О. І. Бринь, М. М. Копанський

ВПЛИВ МОДИФІКУВАННЯ ШПОНУ НА ВЛАСТИВОСТІ ФАНЕРИ, СКЛЕЄНОЇ ТЕРМОПЛАСТИЧНОЮ ПЛІВКОЮ ПЕНГ	167
---	------------

Ю. М. Губер, З. П. Копинець, Ж. Я. Гуменюк, Р. Б. Щупаківський, В. Р. Партика

ДОСЛІДЖЕННЯ КОЛІРНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СТРУГАНОГО ШПОНУ З ДЕРЕВИНИ ДУБА ЗВИЧАЙНОГО В ПРОЦЕСІ ЙОГО ВИГОТОВЛЕННЯ	178
---	------------

7. РЕЦЕНЗІЇ, ВІДГУКИ ТА ВІТАННЯ

В. В. Лавний, С. І. Миклуш, В. О. Крамарець, В. В. Павлюк, Ю. М. Дебринюк, Я. П. Целень

НАБЛИЖЕНЕ ДО ПРИРОДИ ЛІСІВНИЦТВО – ОСНОВА СТАЛОГО РОЗВИТКУ ТА БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНОГО ВЕДЕННЯ ЛІСОВОГО ГОСПОДАРСТВА В УКРАЇНІ (до 80-річчя від дня народження професора Григорія Криницького)	187
--	------------

Г. Т. Криницький, О. І. Пилипенко, Ю. М. Дебринюк, Я. В. Генік

ЛІС І ПОЛЕ В СИСТЕМІ АГРОЛІСОМЕЛІОРАТИВНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ (до 70-річчя від дня народження академіка Лісівничої академії наук України, професора В. Ю. Юхновського)	192
---	------------

В. В. Лавний, І. А. Дубовіч, Ю. М. Дебринюк

ЛІСОВИЙ СЕКТОР ЕКОНОМІКИ: ДОСЛІДЖЕННЯ ГАЛУЗЕВОЇ ПОЛІТИКИ ТА ПОСЛУГ ЕКОСИСТЕМ У КОНТЕКСТІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ (до 60-річчя від дня народження професора І. П. Соловія)	202
---	------------

8. СТОРІНКИ ПАМ'ЯТІ

Г. Т. Криницький, Е. М. Різун, П. Б. Хоєцький, І. І. Делеган

**ЕКОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ЗБАЛАНСОВАНОГО РОЗВИТКУ ЛІСОВОГО І
МИСЛИВСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА, ЗБЕРЕЖЕННЯ ПРИРОДООХОРОННИХ
КОМПЛЕКСІВ** (спомин до 85-річчя від дня народження видатного українського
лісівника, вченого, освітянина, відомого українського поета В. Д. Бондаренка)..... 209

О. І. Дребот, В. Л. Мешкова

**ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМ ЗАХИСНИХ ЛІСОВИХ НАСАДЖЕНЬ
В АГРОЛАНДШАФТАХ УКРАЇНИ ЯК ЗАПОРУКА ЇХНЬОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ
ТА СТІЙКОСТІ** (спомин до 75-річчя від дня народження видатного українського
вченого А. П. Стадника) 213

ДО УВАГИ АВТОРІВ 217

CONTENTS

1. BIOLOGICAL ASPECTS OF PLANT COMMUNITIES

T. Prykladivska, L. Osadcha

ECOLOGICAL AND BIOLOGICAL FEATURES OF <i>PARROTIA PERSICA</i> (DC.) C. A. MEY IN THE CONDITIONS OF SEASIDE ARID AND NORTH-WESTERN SUFFICIENTLY HUMID CLIMATIC ZONES OF UKRAINE.....	11
--	-----------

2. FORESTRY, SILVICULTURAL SCIENCES AND WILDLIFE RESOURCE MANAGEMENT

V. Meshkova, T. Pyvovar, O. Kuznetsova

THE AGE STRUCTURE OF <i>ULMUS</i> L. STANDS IN THE EASTERN REGIONS OF UKRAINE	29
--	-----------

P. Vandzhurak, Iu. Debryniuk, V. Savchyn

FOREST STANDS OF THE POKUTTIA CARPATHIANS: DISTRIBUTION AND FOREST MENSURATIONAL DESCRIPTION	39
---	-----------

V. Debryniuk, M. Nechai, I. Kolyazhin, V. Lavnyy

EFFECTIVENESS OF NATURAL REGENERATION IN SPRUCE PRIMEVAL FORESTS OF THE <i>VERKHOVYNSKYI</i> NATIONAL NATURE PARK	56
--	-----------

A. Zhezhkun

GROUP-SHELTERWOOD FELLING IN THE PINE FOREST OF THE EASTERN POLISSIA OF UKRAINE AS AN IMPORTANT COMPONENT OF THE ORGANIZATION OF CLOSE-TO-NATURE FORESTRY	74
--	-----------

H. Krynytskyy, M. Korol, V. Lavnyy, V. Kovaleva, V. Kramarets, O. Krynytska, V. Maguran

FORESTRY AND ECOLOGICAL FEATURES OF DISTRIBUTION AND IMPROVEMENT OF BIOTIC STABILITY OF PINE FORESTS IN THE CONDITIONS OF LVIV REGION	87
--	-----------

V. Lavnyy, O. Matusevych

THE DYNAMICS OF MENSURATIONAL INDICATORS OF SPRUCE STANDS ON THE NORTH-EASTERN MACROSLOPE OF THE UKRAINIAN CARPATHIANS.....	98
--	-----------

V. Mahuran, L. Osadchuk

FEATURES OF THE SEASONAL DEVELOPMENT OF <i>JUGLANS REGIA</i> L. IN THE RIGHT-BANK FOREST-STEPPE OF UKRAINE	113
---	------------

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

Ya. Fuchylo, Ya. Kirillko

PRODUCTIVITY OF POPLAR ENERGY PLANTATIONS ON LOW-HUMUS CHORNOZEMS (BLACK SOILS) OF THE RIGHT-BANK FOREST-STEPPE OF UKRAINE	122
---	------------

4. FOREST BIOMETRY AND FOREST MANAGEMENT PLANNING

P. Lakyda, V. Smolin

RESOURCE POTENTIAL AND STRUCTURE OF BLACK ALDER STANDS OF UKRAINIAN POLISSIA	128
---	------------

5. ECOLOGY, NATURAL RESOURCE ECONOMICS AND MANAGEMENT

I. Buksha, T. Pyvovar, M. Bondaruk, V. Pasternak, S. Krakovska

VULNERABILITY ASSESSMENT OF UKRAINIAN FORESTS AS THE BASIS OF NATURE-BASED SOLUTIONS FOR MITIGATION AND ADAPTATION TO CLIMATE CHANGE	138
---	------------

L. C. Irland, L. Iavorivska, S. Zibtsev, V. Myroniuk, B. Roth, and A. Bilous

RUSSIAN INVASION: RAPID ASSESSMENT OF IMPACT ON UKRAINE'S FORESTS	146
--	------------

O. Pelyukh, I. Soloviy, O. Kiyko, M. Ilkiv, T. Chelepis, V. Lavnyy

PRODUCT BIODIVERSITY FOOTPRINT: THEORY AND ESTIMATION METHODOLOGY	156
--	------------

6. WOOD PROCESSING TECHNOLOGIES AND FOREST ENGINEERING

P. Bekhta, I. Kusniak, O. Chernetskyi, N. Bekhta, R. Kozak, O. Bryn, M. Kopanskyy

THE INFLUENCE OF VENEER MODIFICATION ON THE PROPERTIES OF PLYWOOD GLUED WITH THERMOPLASTIC LDPE FILM	167
---	------------

Yu. Huber, Z. Kopynets, Zh. Humeniuk, R. Shchupakivskyy, V. Partyka

EVALUATION OF COLOR VARIABILITY OF SLICED OAK VENEER IN THE PROCESS OF ITS MANUFACTURE.....	178
--	------------

7. REVIEWS, COMMENTS, CONGRATULATIONS AND WISHES

V. Lavnyy, S. Myklush, V. Kramarets, V. Pavlyuk, Iu. Debryniuk, Y. Tselen

CLOSE-TO-NATURE FORESTRY IS THE BASIS OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT AND MULTIFUNCTIONAL FOREST MANAGEMENT IN UKRAINE (to the 80th anniversary of the birthday of Professor Hryhorii Krynytskyy).....	187
---	------------

H. Krynytskyy, O. Pylypenko, Iu. Debryniuk, Ya. Henyk

FOREST AND FIELD IN THE SYSTEM OF AGROFORESTRY IMPROVEMENT STUDIES (to the 70th anniversary of the birthday of academician of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, professor Vasyl Yukhnovskiy)	192
---	------------

V. Lavnyy, I. Dubovich, Iu. Debryniuk

THE FOREST SECTOR OF THE ECONOMY: A STUDY OF SECTORAL POLICIES AND ECOSYSTEM SERVICES IN THE CONTEXT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT (on the occasion of 60th anniversary of the Professor Ihor Soloviy birthday)	202
--	------------

8. MEMORY PAGES

H. Krynytskyy, E. Rizun, P. Khoetskyi, I. Delegan

**ECOLOGICAL FOUNDATIONS OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF FORESTRY
AND HUNTING GAME MANAGEMENT, CONSERVATION OF NATURE PROTECTION
COMPLEXES** (in commemoration of the 85th anniversary of the birth of an

outstanding Ukrainian forester, scientist, educator, famous Ukrainian poet

Volodymyr D. Bondarenko)..... 209

O. Drebot, V. Meshkova

**OPTIMIZATION OF PROTECTIVE FOREST PLANTATION SYSTEMS IN AGRARIAN
LANDSCAPES OF UKRAINE IS THE KEY TO THEIR PRODUCTIVITY**

(in memory of the 75th anniversary of the birth of the outstanding Ukrainian

scientist Anatoliy P. Stadnyk)..... 213

INFORMATION FOR AUTHORS 217

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/10.15421/412301>
Article received 2022.12.17
Article accepted 2023.11.23

ISSN 1991-606X print
ISSN 2616-5015 online
@ ✉ Correspondence author
Tetyana Prykladivska
prikladivska_tet@i.ua

103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine

УДК [581.522.4+581.95]:582.704

Еколого-біологічні особливості *Parrotia persica* (DC.) С. А. Мей. в умовах Приморської посушливої та Північно-західної достатньо зволоженої кліматичних зон України

Т. Р. Прикладівська¹, Л. П. Осадча²

Пароція персидська (*Parrotia persica* (DC.) С. А. Мей.) – вологолюбний мезотермічний релікт Гірканської флористичної області, що простягнута вузькою смугою вздовж південного узбережжя Каспійського моря. Біологія та екологія виду відзначаються тими особливостями, які сформувались ще в умовах вологого і тепло-го клімату третинного періоду, а основна своєрідність ритму розвитку полягає у відсутності чітко вираженого зимового спокою і наявності літнього спокою, який у природному ареалі не пов'язаний з періодом посухи. Першу спробу інтродукції *Parrotia persica* на півдні материкової частини України здійснив в 30-х роках ХХ ст. директор Одеського ботанічного саду, видатний ботанік і дослідник флори Кавказу, академік Володимир Іполитович Липський.

Мета досліджень полягала в оцінці успішності інтродукції *Parrotia persica* в умовах «ex situ» об'єктів природно-заповідного фонду двох кліматичних зон України – Приморської посушливої та Північно-західної достатньо зволоженої.

Порівняння фенологічного розвитку середньовікових дерев пароції персидської в Приморській посушливій кліматичній зоні України з умовами природного ареалу показало, насамперед, суттєві відмінності у розвитку генеративних органів: скорочений період цвітіння і недостатнє визрівання насіння, яке навіть у випадку рясного плодоношення має схожість на рівні 1-2%. Характерні також передчасне завершення приросту пагонів (у липні) і явно скорочений період опадання листків (листопад-грудень). В той же час, в умовах Північно-західної достатньо зволоженої кліматичної зони України, у рослин віргінільного періоду онтогенезу спостерігається другий осінній приріст пагонів, а фенофаза листопаду триває до кінця березня наступного року, що подібно до особливостей розвитку залізного дерева у природному ареалі.

Ключові слова: пароція персидська; інтродукція; Одеський ботанічний сад; Українське Розточчя; зимостійкість; посухостійкість; типи клімату; кліматичні діаграми.

¹ Прикладівська Тетяна Річардівна – кандидат сільськогосподарських наук, інженер 1-ої категорії відділу благоустрою та репродукції рослин Ботанічного саду. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел. +38-032-258-42-81. E-mail: prikladivska_tet@i.ua ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0265-0651>

² Осадча Лариса Петрівна – провідний спеціаліст Ботанічного саду ім. академіка В. І. Липського. Одеський національний університет ім. І. І. Мечникова, вул. Французький бульвар, 48/50, м. Одеса, 65058, Україна. Тел. +38-048-746-57-19. E-mail: gardenonu@onu.edu.ua

Вступ (Introduction). Рід *Parrotia* С.А.Мей., що належить до родини *Hamamelidaceae* R.Br., отримав назву на честь німецького натураліста і мандрівника Фрідріха Паррота (F. Parrot, 1791-1841), який у 1811 році подорожував по Криму та Кавказу і був першим європейцем, який восени 1829 р. здійснив сходження на гору Арарат. Рід нараховує лише два види: *Parrotia persica* та *Parrotia subaequalis* (Н.Т.Чанг) R.М.НАО & Н.Т.Вей. *Parrotia persica* – парочія персидська, або залізне дерево, видову назву отримала за поширенням у північній Персії (сучасний Іран). Англійські назви – Persian ironwood, Iron tree, Persian parrotia; азербайджанська – Демір ағач; іранська – Andjili (Соколов, 1954; І. Сафаров, 1962; Nicholson, 1989; Andrews, 2007; Li & Tredici, 2008 та ін.).

Натуральний ареал парочії персидської простягнувся вузькою смугою вздовж південного узбережжя Каспійського моря із західною межею у Талішських горах Азербайджану і східною – у про-

вінції Горган північного Ірану. Крім того, існує невелика диз'юнктивна популяція в межах лісів південно-східного Великого Кавказу (рис. 1). Ці території, об'єднані у єдину Гірканську флористичну область, є унікальним районом земної кулі, де збереглися ліси третинного періоду цього виду. Особливістю сучасних кліматичних умов Гірканської флористичної області є те, що гірські системи Кавказу і Ельбурсу ізолюють її територію від суміжних кліматичних областей, а завдяки впливу Каспійського моря вона отримує до 2000 мм опадів на рік (рис. 2) і саме тому тут поширені субтропічні вологолюбні мезотермічні релікти, одним із яких є *Parrotia persica* (І. Сафаров, 1962; Browicz, 1982; Nicholson, 1989; Гірканський заповідник, 1990; Andrews, 2007; Н. Сафаров, 2009; Sefidi, Marvi-Mohadjer, Etemad, & Copenheaver, 2011; Sattarian, Akbarian, Zarafshar, Bruschi, & Fayyaz, 2011; Sefidi, Copenheaver, Kakavand, & Behjou, 2015; Mammadov, Iskender, & Novruzov, 2017; Douglas & Sjöman, 2021).

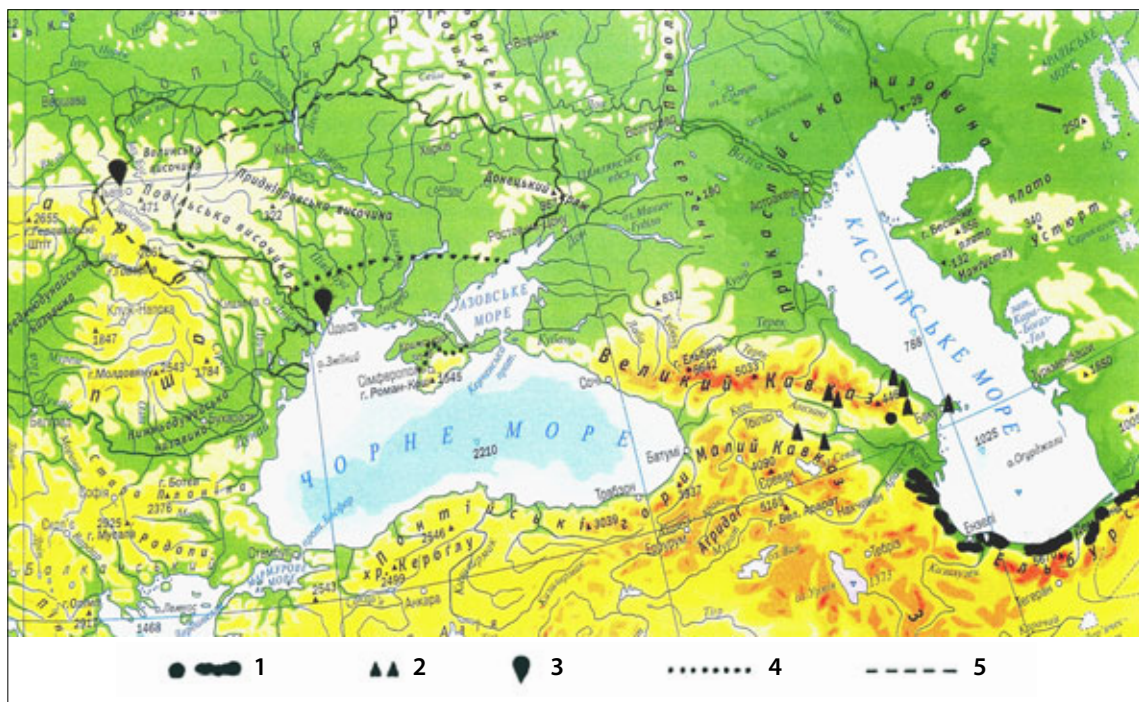


Рис. 1. Природні і штучні місцезростання *Parrotia persica* в Ірані та Азербайджані. Досліджувані пункти інтродукції *Parrotia persica* в Україні. 1 – природний ареал *Parrotia persica* в Ірані та Азербайджані (згідно Browicz, 1982); 2 – лісові культури *Parrotia persica* в Азербайджані (згідно І. Сафаров, 1962); 3 – досліджувані пункти інтродукції *Parrotia persica* в Україні; межі кліматичних зон за І. Бучинським (1960); 4 – межі Приморської посушливої кліматичної зони; 5 – межі Північно-західної достатньо зволоженої кліматичної зони

Fig. 1. Natural and introduction range of distribution for *Parrotia persica* in Iran and Azerbaijan. The study introduction regions and points of *Parrotia persica* in Ukraine. 1 – natural range of *Parrotia persica* distribution in Iran and Azerbaijan (according to Browicz, 1982); 2 – planted forest of *Parrotia persica* in Azerbaijan (according to I. Safarov, 1962); 3 – the study introduction points of *Parrotia persica* in Ukraine; the climatic zones of Ukraine according to Buchinskii, 1960: 4 – the borders of the Seaside arid climatic zone, 5 – the borders of North-western sufficiently humid climatic zone

Ліси за участю *Parrotia persica* притаманні в основному рівнинам та нижнім частинам схилів. Переважають мішані насадження парочії з *Quercus castaneifolia* С.А.Мей., *Fagus orientalis* Lipsky, *Carpinus betulus* L. та *C. orientalis* Mill., *Zelkova carpinifolia* (Pall.) K. Koch), *Pterocarya fraxinifolia* (Poir.)

Spach), *Buxus sempervirens* subsp. *hyrcana* (Pojark.) Takht., *Albizia julibrissin* Durazz. та іншими деревними видами і в деяких випадках *Parrotia persica* займає панівне положення в першому ярусі, досягаючи висоти 20-25 м і більше. Чисті деревостани залізного дерева, які на території Ірану є похідними,

переважно представлені асоціаціями *Parrotietum ruscum* та *Parrotietum nudum*. Серед асоціацій, де *Parrotia persica* присутня у меншій кількості, характерними є *Parrotio-Carpinetum*, *Parrotieto-Carpinetum nudum*, *Querceto-Parrotietum nudum*, *Querceto-*

Parrotietum ruscum, *Fagetum-Carpinetum*, *Zelkovo carpinifoliae-Quercetum castaneifoliae*, *Smilaco excelsae-Buxetum hyrcanae* (И. Сафаров, 1962; Browicz, 1982; Sefidi et al. 2011, 2015; Sattarian et al., 2011; Naqinezhad et al., 2012; Douglas & Sjöman, 2021).

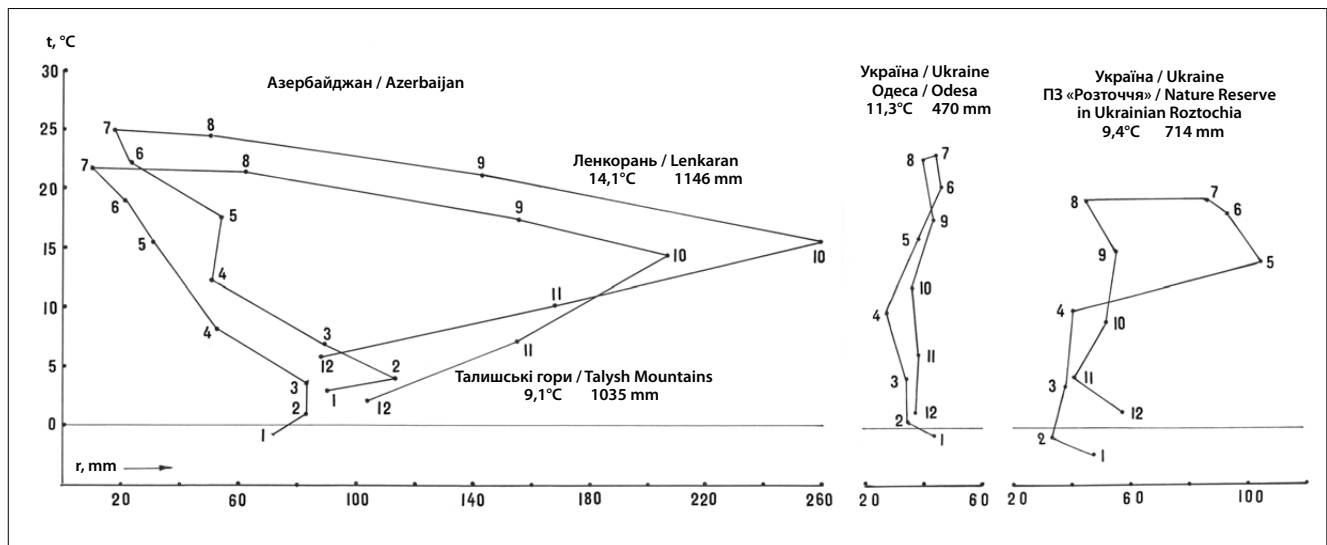


Рис. 2. Кліматичні діаграми природного ареалу *Parrotia persica* в Азербайджані та досліджуваних пунктах інтродукції в Україні, побудовані за методом Г. Тейлора. 1-12 – місяці року

Fig. 2. Climographs by G. Taylor's method for *Parrotia persica* natural range in Azerbaijan and in the study introduction points in Ukraine. 1-12 – months of the year

За екологічними вимогами залізне дерево вважається вологолюбним, теплолюбним і напівтіньовитривалим деревним видом. Біологія парочки відзначається тими особливостями, які сформувались ще в умовах вологого теплового клімату третинного періоду і полягає у відсутності чітко вираженого зимового спокою, а також у наявності літнього спокою, який у природному ареалі не пов'язаний з періодом посухи. Тобто, вегетація триває впродовж всього року – від початку сокоруху у січні до повного опадання листя, яке може завершуватись вже наступного вегетаційного періоду. Серед своєрідних морфологічних особливостей варто навести наступні: дуже тонка пістрява кора, яка відшущується великими пластинами, подібно до платана; квіти чоловічо-однодомні: чоловічі, з темно-червоними пиляками, розташовані біля основи суцвіття, а двостатеві – у його верхній частині; плід – дерев'яниста коробочка з двома насінинами (рис. 3). Деревина не поділяється на ядро і заболонь (рис. 4), надзвичайно щільна і міцна, що і стало причиною однієї із назв – залізне дерево; ширина річних кілець в умовах Талишу змінюється від 0,3 до 3,0 мм (Лыпа, 1953; Соколов, 1954; И. Сафаров, 1962; Nicholson, 1989; Andrews, 2007; Seneta, Dolatowski, Zieliński, 2021; Soltani et al., 2022).

Оригінальний вигляд рослини – раннє цвітіння, своєрідна кора, ефектне осіннє забарвлення листя (рис. 5) надають залізному дереву виняткову декоративність, а доволі висока морозостійкість дають підставу розглядати його як перспективний вид для ландшафтного дизайну на значній частині Західної та Східної Європи (Silva Tarouca, 1913; Стой-

чев, 1962; Hieke, 1978; Лыпа, 1987; Andrews, 2007). На жаль, на сьогодні інтродукція *Parrotia persica* в Україні має досить обмежений, так би мовити, виключно професійний характер – ці рослини можна побачити переважно у колекціях ботанічних садів і дендропарків.

Мета досліджень полягала в оцінці успішності інтродукції *Parrotia persica* в умовах «ex situ» об'єктів природно-заповідного фонду двох кліматичних зон України – Приморської посушливої та Північно-західної достатньо зволоженої.

Об'єктами досліджень стали 12 дерев *Parrotia persica* віком 7-59 років, які ростуть на території двох ботанічних садів: Ботанічного саду імені академіка В.І. Липського Одеського національного університету імені І.І. Мечникова в м. Одеса (вул. Французький бульвар, 87; 46°26'31"N 30°46'08"E) та арборетуму Ботанічного саду Національного лісотехнічного університету України в с. Страдч Яворівського району Львівської області (49°54'N 23°46'30"E).

Предмет досліджень – екологічні, біологічні, морфологічні та декоративні особливості окремих дерев *Parrotia persica* у розрізі їх реакції на кліматичні фактори та прийоми агротехніки вирощування в умовах нових культивних інтродукційних ареалів; місце кожного інтродуцента в акліматизаційному процесі; доцільність подальшого впровадження цього деревного виду у спеціалізовані ботанічні колекції та практику ландшафтного дизайну досліджуваних кліматичних зон і відповідних їм фізико-географічних районів.



Рис. 3. Морфологічні особливості *Parrotia persica*: а) кора стовбура (дерево 1 в Одеському ботанічному саду, фото 03.04.2019 р.); б) суцвіття *Parrotia persica* (дерево 6 в Одеському ботанічному саду, фото 03.04.2019 р.); в) пагін з плодами (гербарний зразок, зібраний 12.10.2022 р. з дерева 7 в Одеському ботанічному саду)

Fig. 3. The morphology features of *Parrotia persica*: a) the bark of trunk (tree No. 1 in the Odesa Botanical Garden, photo dated April 3, 2019); b) the inflorescence of *Parrotia persica* (tree No. 6 in the Odesa Botanical Garden, photo dated April 3, 2019); c) the herbarium sample of tree No. 7 in the Odesa Botanical Garden collected on October 12, 2022



Рис. 4. Деревина *Parrotia persica* з нижніх гілок крони: дерево 8 в арборетумі Ботанічного саду НЛТУ України на Розточчі – вгорі; дерево 7 в Одеському ботанічному саду – внизу

Fig. 4. The samples of *Parrotia persica* wood from the lower branches of the crown: tree No. 8 in the Arboretum of the Botanical Garden of UNFU – above; tree No. 7 in the Odesa Botanical Garden – below



Рис. 5. Осіннє забарвлення листя *Parrotia persica*. Дерево 8 в арборетумі Ботанічного саду НЛТУ України на Розточчі, фото 09.11.2022 р.

Fig. 5. Autumn colors of foliage. Tree No. 8 in the Arboretum of the Botanical Garden of UNFU, photo dated November 09, 2022

Об'єкти і методика досліджень (Objects and methods). Під час визначення поняття *інтродукція*, як вирощування рослин шляхом їхнього переносу за межі природного ареалу, притримувались загальноприйнятих теорій і положень (Вульф, 1933; Малеев, 1933; Гурский, 1957; Соколов, 1957; Базилевская, 1964; Лыпа, 1967; 1978; Липа, 1977; Некрасов, 1980; Сікура, Капустян, 2003 та ін.), віддаючи перевагу сукупності тих завдань, підходів і методів, які максимально відповідають специфіці ботанічних садів (Харкевич, 1966; Лапин, 1967 та ін.), а також враховуючи значення *напрямку переміщення рослини*, яке може мати як географічний, так і екологічний зміст (Зайцев, 1983). Під час розгляду хорологічних аспектів інтродукції дерев-

ного виду за межами природного місцезростання застосовували термін *культигенний інтродукційний ареал* Б. М. Головкина (1988).

Поняття терміну *акліматизація* пов'язували в основному з процесами реакції рослин на нові умови зовнішнього середовища, беручи за основу позицію В. М. Сукачова, що *справжня акліматизація, як культура у відмінних від батьківщини умовах, для конкретної рослини можлива лише тому, що сучасні межі її поширення далеко не завжди визначаються кліматичними причинами* (цит. за Некрасов, 1980). У зв'язку з обмеженим обсягом статті наведені тут і далі по тексту загальновідомі фундаментальні праці з інтродукції та акліматизації рослин до бібліографічного списку не включені.

Поділ України на кліматичні зони прийнято за І. Є. Бучинським (1960), а на фізико-географічні області – за О. М. Мариничем (Природа Украинской ССР. Ландшафты, 1985) та К. І. Геренчуком (Природа Львівської області, 1972).

Оцінку кліматичних умов природного ареалу *Parrotia persica*, районів її дослідження в Україні та в пунктах проміжної інтродукції виконували за допомогою загальноприйнятих методик: тип клімату визначали за В. Кеппеном і Р. Гейгером (Körppen-Geiger, 1954), індекс аридності – де Мартонном (de Martonne, 1926), фактор дощу – Р. Лангом (Lang, 1915); всі ці показники цитовані і розраховані за формулами, які наведені в монографії Й. Блютгена (1973). Гідротермічний коефіцієнт (ГТК) визначали за методикою Г. Т. Селянінова (1937), коефіцієнт вологості клімату – за Д. В. Воробйовим (Кохно, Курдюк 1994). Побудову кліматичних діаграм здійснювали за методикою Г. Тейлора (Taylor, 1910; Johnson, 1921; Дажо, 1975; Асадулаев, Рамазанова, Садыкова, 2013; O'Brien, 2015).

Під час проведення фенологічних спостережень перевагу віддавали методам, які рекомендовані для ботанічних садів (Лапин, 1967; Методика фенологических..., 1975). Періоди онтогенезу приймали за методичними рекомендаціями Й. Й. Сікури і Л. П. Сиріці (1990). Зимостійкість рослин визначали за рекомендаціями М. А. Кохна і О. М. Курдюка (1994), а посухостійкість – за методикою Нікітського ботанічного саду (Каталог дендрологических..., 1970).

Під час оцінювання успішності інтродукції використовували ступені акліматизації О. Л. Липи (1977), акліматизаційне число та шкалу ступенів успішності інтродукції деревних рослин М. А. Кохна і О. М. Курдюка (1994). Діагностику місця кожного інтродуцента в акліматизаційному процесі здійснювали за методикою В. І. Некрасова (1980). Аналіз географічного і екологічного напрямків інтродукції виконували на основі методу географіч-

них ступенів, або ступінчастої акліматизації рослин О. Л. Липи (1977) та за допомогою кліматичних діаграм, побудованих за рекомендаціями Г. Тейлора (Johnson, 1921; O'Brien, 2015).

Вивчення дерев *Parrotia persica* проводили на територіях двох ботанічних садів, які є об'єктами природно-заповідного фонду України загальнодержавного значення. Основні дослідження виконані у Ботанічному саду імені академіка В. І. Липського Одеського національного університету імені І. І. Мечникова, на так званій «старій території», на якій ботанічний сад функціонує з 1880 р. (на відміну від «нової території» на Французькому бульварі, 48/50, яка увійшла до його складу у 1948 р.). Тут зосереджено найцінніші колекції і саме тут у 1928-1937 рр. жив та керував роботою Ботанічного саду видатний вчений-ботанік, відомий флорист і мандрівник, президент Української академії наук 1922-1928 рр., Володимир Іполитович Липський (рис. 6, а). В цей період покладено початок широкій інтродукційній діяльності, завдяки чому на сьогодні Ботанічний сад володіє багатим видовим складом рідкісних, ендемічних і реліктових видів (Лыпа, 1978; Жаренко, Бонецкий, Філатова, 1980; Ситник, Зиман, Мякушко, 1983; Заповідні території..., 2009; Осадча, Філатова, Азарова, Слюсаренко, 2011; Коваленко, Бондаренко, Немерцалова, Васильєва, 2017; Слюсаренко, Осадча, Азарова, Філатова, Чабан, 2017 та ін.). На превеликий жаль, парочія цього періоду не збереглась, що було зумовлено вимушеною вирубкою частини дерев дендропарку під час Другої світової війни для обігріву старовинної пальмової оранжереї з унікальною колекцією тропічних рослин.

У післявоєнний період відновлення втрачених колекцій та їх поповнення знову набуло системного характеру. Зокрема, завдяки реінтродукції *Parrotia persica* з 1955 р., на цей час «стару територію» ботанічного саду прикрашає сім середньовікових дерев цього виду (табл. 1; рис. 6, б).

Таблиця 1. Основні характеристики та біометричні параметри досліджуваних дерев *Parrotia persica* станом на осінь 2022 р.

Table 1. Main characteristics and biometric parameters of *Parrotia persica* trees in autumn 2022

№ дерева	Рік і джерело надходження	Отриманий матеріал	Рік і місце посадки в експозицію	Вік, років	Висота, м	Діаметри стовбурів (см), на висоті від поверхні ґрунту		Радіуси крони за сторонами світу, м	
						0,01 м	1,3 м	Північ Південь	Захід Схід
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Приморська посушлива кліматична зона України / Seaside arid climatic zone of Ukraine (м. Одеса. Територія Одеського ботанічного саду за адресою Французький бульвар, 87 / The city of Odesa. The territory of the Odesa Botanical Garden, 87 Frantsuzsky Bulvar; 46°26'31"N 30°46'08"E)									
1	1952, Азербайджан, Ленкоранський лісгосп → 1955, Україна, Ботанічний сад ім. акад. Фоміна, Київ	насіння / seeds → сіянець / seedling	1958, куртина 16	59	16,5	38	31, 12, 11	4,3 4,7	6,7 2,8

Продовж. табл. 1
Continuation of Table 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	1969, Грузія, Тбіліський Ботанічний сад	насіння / seeds	1979, куртина 6	52	12,5	27	14, 14, 10	$\frac{4,3}{4,6}$	$\frac{4,5}{2,7}$
3	1969, Грузія, Тбіліський Ботанічний сад	насіння / seeds	1979, куртина 6	52	13,0	25	18	$\frac{4,7}{2,8}$	$\frac{2,3}{4,6}$
4	1969, Грузія, Тбіліський Ботанічний сад	насіння / seeds	1979, куртина 6	52	11,5	26	14, 14, 19, 16, 8, 9	$\frac{4,3}{4,9}$	$\frac{2,3}{4,5}$
5	1969, Грузія, Тбіліський Ботанічний сад	насіння / seeds	1979, куртина 6	52	13,0	30	13, 19, 10	$\frac{2,2}{4,5}$	$\frac{2,0}{4,8}$
6	1974, Узбекистан, Ташкентський ботанічний сад	насіння / seeds	1980, куртина 49	37	15,0	29	24	$\frac{5,0}{5,1}$	$\frac{5,4}{5,3}$
7	1986, Україна, Нац. ботанічний сад ім. М. М. Гришка, Київ	насіння / seeds	1987, куртина 53	35	13,0	25	26	$\frac{3,8}{3,9}$	$\frac{4,2}{3,5}$
Північно-західна достатньо зволожена кліматична зона України / North-western sufficiently humid climatic zone of Ukraine (Арборетум Ботанічного саду НЛТУ України, с. Страдч Яворівського р-ну Львівської області / Arboretum of the Botanical Garden of Ukrainian National Forestry University in the village of Stradch, Lviv region; 49°54'N 23°46'30"E)									
8	2007, XV Міжнародна виставка рослин, Варшава, Польща	Саджанець, 5 років / 5-year-old seedling	2010 – секція X, 2019 – пересадка на секцію IX	20	3,2	12, 10, 10, 9	4, 4, 4	$\frac{2,8}{2,9}$	$\frac{2,3}{2,8}$
9	2019, Україна, Одеський ботанічний сад	Саджанець, 5 років / 5-year-old seedling	2019, секція IX	7	2,0	3	1	$\frac{0,9}{0,7}$	$\frac{1,0}{0,6}$
10	2019, Україна, Одеський ботанічний сад	Саджанець, 5 років / 5-year-old seedling	2019, секція IX	7	1,8	3	1	$\frac{0,8}{0,7}$	$\frac{0,6}{0,8}$
11	2019, Україна, Одеський ботанічний сад	Саджанець, 5 років / 5-year-old seedling	2019, секція IX	7	2,4	3	1	$\frac{0,5}{0,7}$	$\frac{0,8}{0,8}$
12	2019, Україна, Одеський ботанічний сад	Саджанець, 5 років / 5-year-old seedling	2021, секція IX	7	1,6	2	–	$\frac{0,3}{0,4}$	$\frac{0,5}{0,4}$

Characteristics in columns: 1 – the number of a tree; 2 – the year of introduction and the source (1 – Azerbaijan, Lenkaran forest division → Ukraine, Kyiv, the O. V. Fomin Botanical Garden; 2-5 – Georgia, the Tbilisi Botanical Garden; 6 – Uzbekistan, Tashkent, the F. N. Rusanov Botanical Garden; 7 – Ukraine, Kyiv, the Hryshko National Botanical Garden; 8 – the XV-th International Exhibition “Green is life”, Warsaw, Poland; 9-12 – Ukraine, the Odesa Botanical Garden); 3 – material (seeds or seedling); 4 – the year of planting and section of territory; 5 – age, years; 6 – height of a tree, m; 7 – diameter of trunk near the surface of ground; 8 – diameter of trunk(s) at the height of 1,3 m; 9 – radius of top to north and to south; 10 – radius of top to west and to east.

Найстарший за віком екземпляр (дерево № 1) привезли сіянцем з Ботанічного саду ім. академіка О. В. Фоміна, де він, найімовірніше, був вирощений з великої партії насіння, отриманої Центральним республіканським ботанічним садом АН УРСР з Ленкоранського лісгоспу Азербайджанської РСР у 1952 р. для створення фрагменту Талишських лісів у складі ботаніко-географічної ділянки «Кавказ» (Харкевич, 1966, с. 123). В 1958 р. саджанець висадили на куртині 16. Крона дерева починається на висоті 0,9 м; щорічно цвіте, але схоже насін-

ня дає рідко (рис. 6, с). На куртині 6 ростуть чотири дерева (№ 2-5), вирощені з насіння, зібраного в жовтні 1969 р. у Тбіліському ботанічному саду. Насіння висіяли 05.11.1969 р. у посівні ящики, а навесні 1970 р. з цілої партії зійшло лише чотири насінини. В 1979 р. саджанці висадили в експозицію; віддалі між деревами становить 2,0-2,5 м. У всіх дерев низько опущена крона, галузження починається на висоті 50-70 см, вони відзначаються рясним цвітінням, зав'язують велику кількість плодів, але схожого насіння не дають. Дерево № 6, яке росте на

куртині 49, вирощене з насіння, зібраного у Ташкентському ботанічному саду восени 1974 року. З декількох отриманих навесні наступного року сі-

янців в ботанічному саду залишено один, а чотирі передано іншій природно-заповідній структурі. Цвіте щороку, зрідка дає поодинокі схожі насіння.

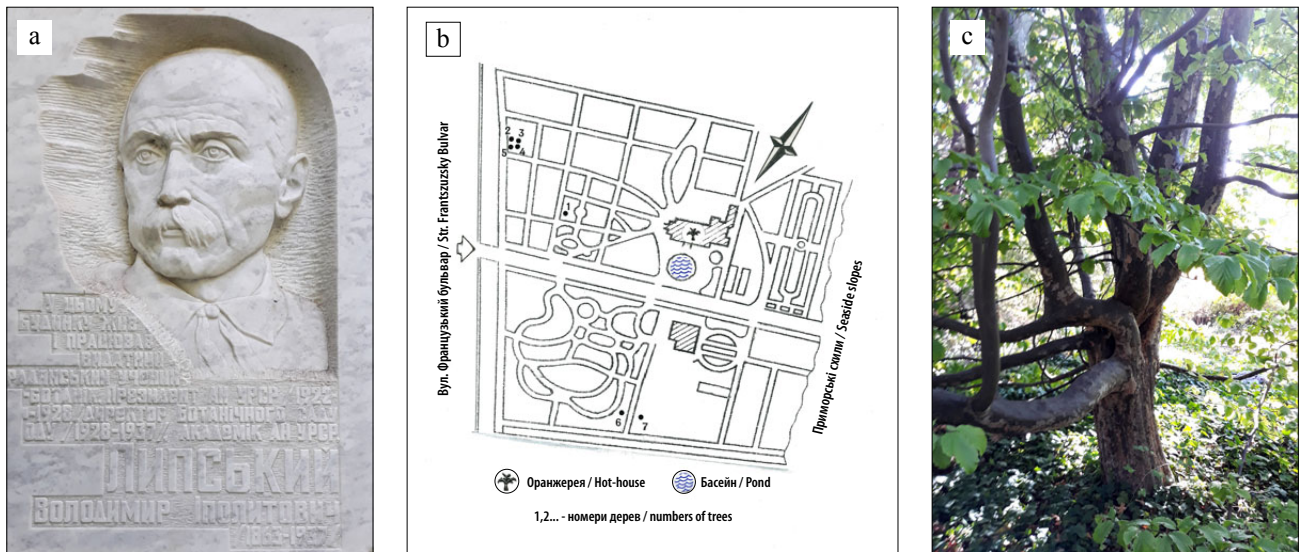


Рис. 6. Інтродукція *Parrotia persica* в Одеському ботанічному саду: а) меморіальна дошка на будинку, де жив і працював В. І. Липський (Французький бульвар, 87); б) план «старої території» з позначенням досліджуваних дерев; с) найстарший екземпляр *Parrotia persica* (дерево 1, фото 12.10.2022 р.)

Fig. 6. The introduction of *Parrotia persica* in the Odesa Botanical Garden: a) the memorial plaque on the house where V.I. Lipsky lived and worked (87, Frantsuzsky Bulvar); b) the plan of the Odesa Botanical Garden territory with the locations of *Parrotia* trees; c) the oldest *Parrotia* in the Odesa Botanical Garden (tree No. 1, photo dated October 12, 2022)

Наймолодший за віком екземпляр (дерево № 7) вирощене з насіння, отриманого у 1986 р. з Центрального ботанічного саду ім. М.М. Гришка в м. Києві. Партія нараховувала 85 шт. насінин. З усієї партії насіння, висіяної 03.12.1986 р., навесні наступного року зійшло три насінини. Один сіянець так і залишили в інтродукційному розсаднику (куртина 53), а два інших передали для озеленення м. Одеси. У генеративному періоді онтогенезу дерево зрідка давало поодинокі самосіви, а восени 2014 р. за випадковим збігом обставин (тривале зволоження ґрунту у зв'язку з пошкодженням системи поливу) рослина отримала достатню кількість вологи і змогла дати явний урожай повноцінного схожого насіння. Як наслідок, навесні 2015 р. під деревом налічувалось 145 шт. самосіву, який 04.05.2015 р. висадили в парник для подальшого дорощування. Впродовж 2017-2020 рр. частину цих рослин передали в інші ботанічні наукові установи, частину – для озеленення м. Одеси, частину – залишили у власному розсаднику, а декілька екземплярів висадили на «новій території» ботанічного саду (останні рослини в цій публікації не розглядаються).

Ботанічний сад Національного лісотехнічного університету України створено у 1991 р. на основі трьох територій, дві з яких розташовані у межах м. Львова, а одна (арборетум) знаходиться в 20-ти км на північний захід від міста у с. Страдч Яворівського району Львівської області, 49°54'N 23°46'30"E (Заповідні території..., 2009). Саме на території арборетуму висаджено п'ять дерев *Par-*

rotia persica (див. табл. 1). Найстарший екземпляр (дерево № 8), було придбано у серпні 2007 р. на Міжнародній виставці рослин у Варшаві (Польща) саджанцем п'ятирічного віку. У 2010 р. рослину висадили в експозицію арборетуму на секцію X, а навесні 2019 р. пересадили на секцію IX (рис. 7, а). Станом на осінь 2022 р. рослина перебуває у віргінільному періоді онтогенезу, габітус крони кушоподібний, галузження починається від поверхні ґрунту (рис. 7, с). Інші чотири рослини (дерева № 9-12), отримані з насіння дерева № 7 Одеського Ботанічного саду, висаджено недалеко від пародії № 8, в межах секції IX у 2019-2021 рр. таким чином, щоб всі дерева *Parrotia persica* знаходились на невеликій ділянці розміром 20×25 м і утворювали єдину експозицію (рис. 7, б). У складі колекції ботанічного саду є ще одна рослина залізного дерева невідомого походження, подарована спонсорами у 2021 р. і висаджена на території дендропарку по вул. Генерала Чупринки, 103 у м. Львові. У цій статті вона не розглядається.

Результати (Results). За кліматичними та фізико-географічними умовами досліджувані території двох ботанічних садів суттєво відрізняються. Згідно зі схемою кліматичного районування України І.Є. Бучинського (1960), територія м. Одеси належить до Приморської посушливої кліматичної зони з сухим спекотним літом, а Львівщина входить до Північно-західної достатньо зволоженої кліматичної зони з незначною амплітудою сезонних температур і помірно теплою зимою.

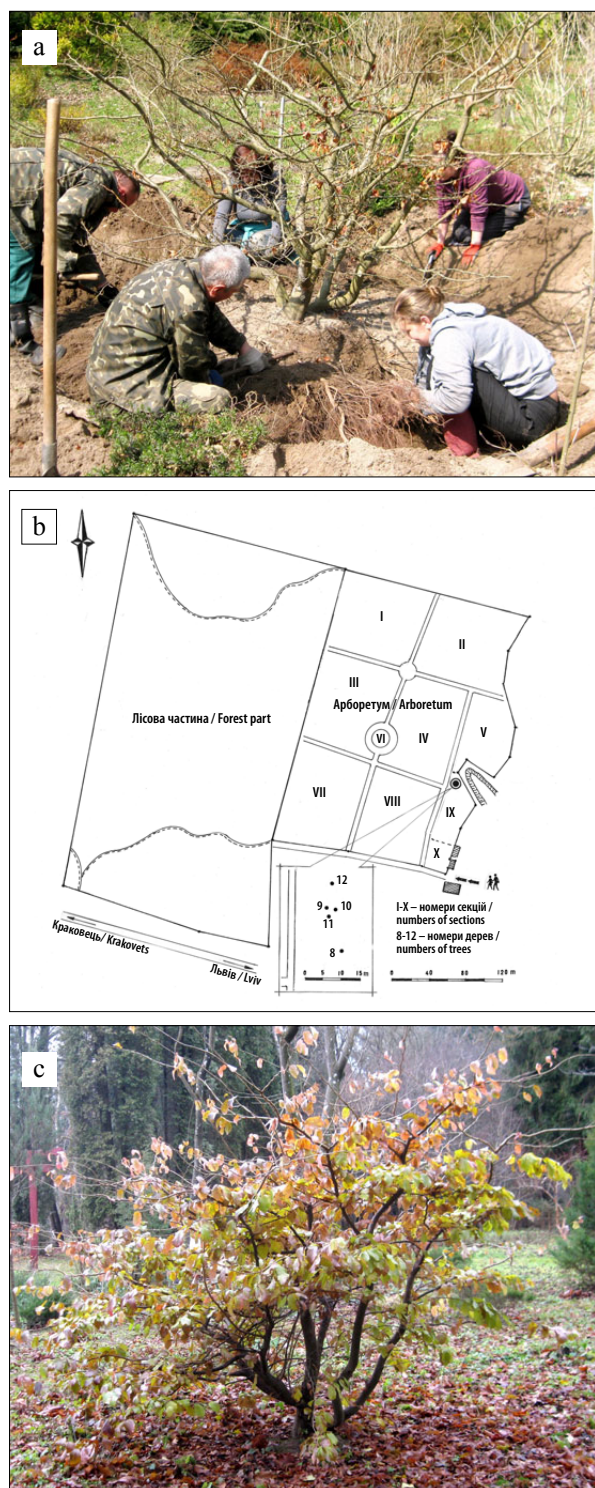


Рис. 7. Інтродукція *Parrotia persica* в арборетумі Ботанічного саду НЛТУ України на Розточчі:
а) пересадка дерева 8 з секції X (фото 08.04.2019 р.);
б) план території Ботанічного саду НЛТУ України на Розточчі з позначенням місцезростання дерев парощі;
с) дерево 8 на секції IX (фото 17.12.2020 р.)

Fig. 7. The introduction of *Parrotia persica* in the Arboretum of the Botanical Garden of UNFU:
a) the transplantation of tree No. 8 from section X (photo dated April 8, 2019); b) the plan of the territory of the Botanical Garden of UNFU in Ukrainian Roztochia with the locations of *Parrotia* trees; c) tree No. 8 at section IX (photo dated December 17, 2020)

За фізико-географічним районуванням України ботанічний сад м. Одеси належить до Приморського низинного степу, а арборетум НЛТУ України знаходиться в межах регіону Розточчя – частини Головного Європейського вододілу (Природа Львівської області, 1972; Ландшафти..., 1985; Grabowski et al., 2015; Стрямець та ін., 2021). З метою більш детального порівняння кліматів пунктів інтродукції парощі з кліматом її природного ареалу, окрім середніх річних температур і сум опадів, застосовували декілька інших найпоширеніших у кліматології показників (табл. 2).

Типи клімату за Кеппеном-Гейгером вказують на приналежність м. Одеси до континентального клімату зі спекотним літом і холодною зимою (Dfa) і певною тенденцією до степового клімату з холодною зимою (BSk), а Розточчя – до вологого континентального клімату (Dfb). Гідротермічний коефіцієнт Г. Т. Селянінова показує, що за період вегетації м. Одеса відзначається вдвічі гіршими умовами забезпечення рослин вологою (ГТК від 1,0 до 0,5 – зволоження недостатнє), ніж Розточчя (ГТК більше від 1,0 – зволоження достатнє). Коефіцієнт вологості клімату, визначений за формулою В. Д. Воробйова, підтверджує дуже суттєву різницю у вологості клімату між цими пунктами інтродукції. Фактор дощу за Р. Лангом свідчить про вдвічі гірші умови зволоження м. Одеси. Індекс аридності, розрахований за формулою де Мартонна показує, що м. Одеса належить до напівсухого, а Розточчя – до дуже вологого клімату.

Очевидно, що умови зволоження у наведених нами районах основної і проміжної інтродукції *Parrotia persica*, суттєво відрізняються від таких у природному місцезростанні субтропічного вологого клімату із загальною кількістю опадів понад 1000 мм в оптимумі ареалу, половина з яких випадає наприкінці року, що зумовлює відмінності у рості і розвитку інтродукованих рослин (табл. 3).

Аналіз фенологічного розвитку середньовікових дерев *Parrotia persica* в Одеському ботанічному саду за багаторічний період спостережень підтверджує суттєву різницю у розвитку генеративних органів. Насамперед, це менш тривале цвітіння, яке значною мірою залежить від температурного режиму зимових місяців і може змінюватись в межах періоду трохи більшого ніж три тижні до понад двох місяців. Особливий вплив посухи проявляється у завершенні приросту пагонів в середині липня, а також у фенофазі опадання листя, яка має явно скорочений характер і майже повністю завершується наприкінці листопада – початку грудня. Лише в окремі роки до кінця зими – початку весни поодинокі листки зберігаються на дереві № 1, тоді як в умовах Розточчя парощія (дерево № 8) до кінця зими може утримувати 25-30% листя від його літньої кількості (рис. 8, а). Крім того, варто відзначити недостатнє визрівання насіння, яке навіть у випадку їхньої значної кількості на дереві має схожість на рівні 1-2%. Початок розвитку листя в обох

пунктах інтродукції відбувається майже на місяць пізніше, ніж в умовах природного ареалу, а його повний розвиток – на 3-5 тижнів пізніше, що зазвичай зумовлено конкретними погодними умовами весни.

Своєрідною біологічною особливістю паротії є наявність у природному ареалі повторного осіннього приросту. В умовах посушливої Одеси такий приріст цілком відсутній, а його заміри у па-

роції № 8 арборетуму на Розточчі у 2020-2022 рр. показали, що за достатньої кількості дощів у вересні (2021 р. – 104 мм; 2022 р. – 128 мм) частина пагонів верхньої половини крони може продовжувати розвиток, формуючи другий приріст з яскраво забарвленим молодим листям (рис. 8, б), навіть якщо річна сума опадів нижча від норми (2022 р. – 655 мм).

Таблиця 2. Порівняння показників клімату природного ареалу *Parrotia persica*, досліджуваних районів інтродукції в Україні та проміжних пунктів інтродукції

Table 2. Comparison of climate indicators of the natural range of *Parrotia persica*, the study areas of introduction in Ukraine and intermediate points of introduction

Метеостанція	Тип клімату за Кепеном-Гейгером	Середньорічна температура, °C	Сума річних опадів, mm	Сума опадів, mm за IX-XII	ГТК Селянінова за IV-X	Коефіцієнт вологості клімату за Воробйовим, W	Індекс аридності за де Мартоном, I _{дм}	Фактор дощу за Лангом, f
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Північний Іран / Northern Iran								
Решт / Rasht	Cfa	15,8	1356	710	1,4	1,7	53	86
Сарі / Sari	Cfa	16,8	947	405	0,9	-1,1	35	56
Горган / Gorgan	Cfa→Csa	17,8	601	405	0,6	-3,3	22	34
Південно-східний Азербайджан / South-east Azerbaijan (Талиш – згідно даних Харкевича, 1966 / Talysh – according to Kharkevych, 1966)								
Ленкорань / Lenkaran	Cfa	14,1	1146	658	1,3	2,0	48	81
Талиш / Talysh	Cfa	9,1	1035	621	1,5	4,3	54	114
Досліджувані пункти інтродукції в Україні / The study points of introduction in Ukraine								
1. Приморська посушлива кліматична зона / Seaside arid climatic zone of Ukraine								
Одеса / Odesa	Dfa→BSk	11,3	470	158	0,7	-0,8	19	42
2. Північно-західна достатньо зволожена кліматична зона / North-western sufficiently humid climatic zone of Ukraine								
ПЗ «Розточчя» / Nature Reserve in Roztochia*	Dfb	9,1	744	211	1,6	2,8	40	82
Пункти проміжної інтродукції / The intermediate points of introduction								
Тбілісі, Грузія / Tbilisi, Georgia	Cfa→Csa	13,3	507	120	0,9	-1,4	22	38
Ташкент, Узбекистан / Tashkent, Uzbekistan	Csa→Dsa	14,8	444	134	0,3	-2,6	18	30
Київ, Україна / Kyiv, Ukraine	Dfb	9,0	618	196	1,2	1,3	33	67

* по метеоданих за 2005-2020 рр., але для побудови кліматичної діаграми (рис. 2) використали дані 2011-2020 рр. з тенденцією зменшення кількості опадів у літне-осінній період (Стрянець та ін., 2021) / according to meteorological data for the 2005-2020 period, but to construct the climate diagram (Fig. 2), data from the 2011-2020 period were used with a tendency to decrease the amount of precipitation in the summer-autumn period (Striamets et al., 2021)

Climate indexes left-to-right: 1 – weather station, 2 – type of climate according to Köppen-Geiger, 3 – average annual temperatures, 4 – amount of annual precipitation, 5 – amount of precipitation in September-December, 6 – hydrothermal coefficient (HTC) according to Sielianinov's method during the period of active vegetation, 7 – coefficient of climate humidity according to Vorobjov, 8 – index of aridity according to de Martonne, 9 – factor of rain according to Lang.

Таблиця 3. Дати основних фенофаз *Parrotia persica* у природному ареалі та районах інтродукції Азербайджану і України (у чисельнику – декади, у знаменнику – місяці)

Table 3. Data of main phenological phases for *Parrotia persica* in the natural range of Azerbaijan and in the introduction points of Azerbaijan and Ukraine (the numerator – ten-day periods, the denominator – months)

Пункти і об'єкти спостережень	Розвиток вегетативних органів					Розвиток генеративних органів				
	Початок розвитку листків	Повний розвиток листків	Завершення приростів пагонів		Листопад		Цвітіння			Дозрівання плодів
			1-го	2-го	початок	кінець	початок	кінець	к-сть днів	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Азербайджан / Azerbaijan (за даними І. Сафарова, 1962 / data according to Ibragim Safarov, 1962)										
1. Талишські гори, Південно-східний Азербайджан; природні ліси	3/III	1/IV	3/VI	3/IX-2/X	1/XII	3/XII-2/IV	3/I-1/II	1/IV	60-75	1-2/X
2. Північний Азербайджан; лісові культури з штучним поливом	2/IV	3/IV	3/VII	3/X	–	–	не цвітуть / lack of flowering			–
Україна / Ukraine										
3. Одеса, Ботсад ім. В.І. Липського	3/IV	2/V	3/VII-1/VIII	відсутній*	1-3/XI	1/XI-1/XII	1/II	3/III-1/IV	30-65	1/X
4. Львівська обл., с. Страдч, Ботсад НЛТУ України	2-3/IV	2/V	2-3/VII	2-3/X	2/XI	1-3/III	не цвітуть / lack of flowering			–
5. Київ, Нац. ботсад ім. Гришка (за Харкевичем, 1966)	1/V	–	–	–	1/XI	3/XI	не цвітуть / lack of flowering			–

«–» – дані відсутні / lack of data

Characteristics in columns: 1 – Points and subjects of observation (1. The Talysh Mountains, natural forests; 2. North Azerbaijan Seaside lowland, planted forests with irrigation; 3. The Odesa, Botanical Garden; 4. The Arboretum in Stradch, Lviv region; 5. Kyiv, the Hryshko National Botanical Garden, data according to Kharkievych, 1966). 2-7 – vegetative phenological phases (2 – active open of buds, 3 – totally formed leaves, 4 – end of the 1-st shoots increase, 5 – end of the 2-d shoots increase, * – lack of increase, 6 – start fall of the leaves, 7 – end fall of the leaves). 8-11 – generative phenological phases (8 – start of flowering, 9 – end of flowering, 10 – period of flowering, days, 11 – ripening of fruits).

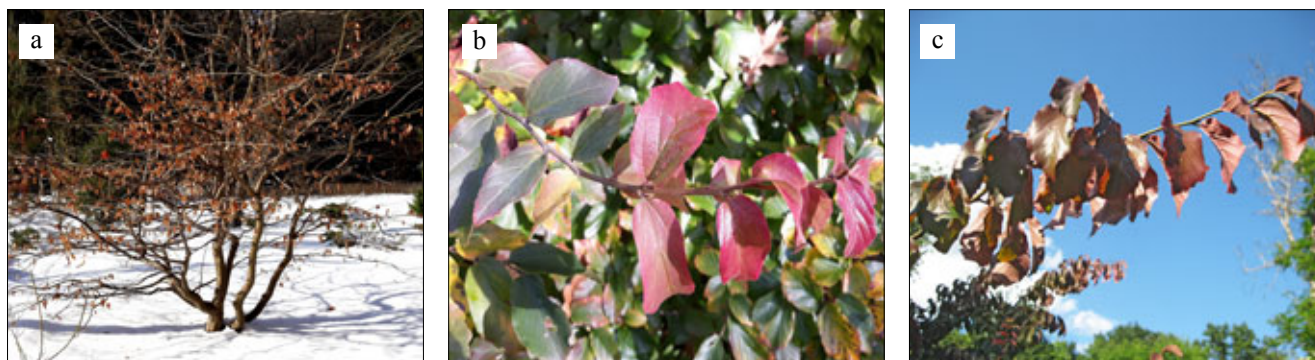


Рис 8. Біологічні особливості *Parrotia persica* (дерево 8 в арборетумі Ботанічного саду НЛТУ України на Розточчі): а) збереження листя в зимовий період, фото 12.02.2023 р.; б) повторний осінній приріст, фото 28.10.2022 р.; в) яскравий літній колір приростів поточного року, фото 27.07.2017 р.

Fig. 8. The biological features of *Parrotia persica* (tree No. 8 in the Arboretum of the Botanical Garden of UNFU in Ukrainian Roztochia): a) remained foliage in winter, photo dated February 12, 2023; b) secondary autumn growth of shoots, photo dated October 28, 2022; c) summer color of first growth of shoots, photo dated July 27, 2017

Спостереження за розвитком досліджуваних дерев *Parrotia persica* вказують на їхню стійкість до несприятливих абіотичних факторів. Одними із основних показників для інтродукованих з півдня рослин вважається зимостійкість або ступінь підмерзання (Меженський, 2007). При її оцінюванні за шкалою М. А. Кохна і О. М. Курдюка (1994) парочія персидська в м. Одесі характеризується як цілком зимостійка, а в умовах Розточчя – як недостатньо зимостійка з частковим підмерзанням однорічних пагонів. Оскільки для залізного дерева в умовах досліджуваних кліматичних зон України, особливо у Приморській посушливій, вагомішого значення, ніж температура, набуває волога, невід’ємною складовою аналізу успішності інтродукції потрібно вважати ступінь посухостійкості. Для оцінювання цього показника використали методику Нікітського ботанічного саду, де рослини знаходяться у критично несприятливих гідрологічних умовах (Каталог

дендрологічних колекцій..., 1970). Відповідно до цієї методики, дерева в Одеському ботанічному саду характеризуються як «нестійкі до посухи», а дерево № 8 в арборетумі НЛТУ України – як «середньо посухостійке» (табл. 4). Особливо цінними є результати порівняльного вивчення досліджуваних дерев за методикою В. І. Некрасова (1980), яка за наявності відповідної документації (а така у багатьох випадках на жаль відсутня) дає змогу надати їм характеристику в будь-який період онтогенезу і прослідкувати «родовід» кожного дерева впродовж попередніх поколінь. Згідно опрацьованих архівних даних, серед семи дерев Одеського ботанічного саду є один інтродуцент першого покоління (дерево номер 1) та шість репродуктивних першого і другого поколінь; першоджерелом інтродукції всіх дерев є природний ареал (Талишські гори Азербайджану), а репродуктиви вирощені з насіння відомого походження, отриманого в інших ботанічних садах.

Таблиця 4. Основні характеристики успішності інтродукції досліджуваних дерев *Parrotia persica* у розрізі зон інтродукційних можливостей в Україні за М. А. Кохном і О. М. Курдюком

Table 4. Main characteristics of successful introduction of *Parrotia persica* trees in the context of zones of introduction possibilities in Ukraine according to N. Kokhno & A. Kurdiuk

№ дерева	Вік, років	Місце інтродуцента (репродукцента) в акліматизаційному процесі за Некрасовим*	Період онтогенезу	Зимостійкість за Кохном і Курдюком	Посухостійкість за методикою Нікітського ботанічного саду	Ступінь успішн. інтродукц. за Кохном і Курдюком, акліматиз. число
1	2	3	4	5	6	7
Зона обмеженої інтродукції деревних рослин, Приморський інтродукційний район (м. Одеса, Ботанічний сад ім. В. І. Липського) / Zone of limited introduction, Seaside introduction district (Odesa, the V. I. Lipsky Botanical Garden)						
1	59	И ₅₉ САГ III	генеративний (g ₂)	5	+	85
2-5	52	P ¹ ₅₂ СГ III (И ₇ А ₁ СГ V)	генеративний (g ₂)	5	+	80
6	37	P ¹ ₃₇ СЗ II (И ₇ А ₁ СЗ IV)	генеративний (g ₂)	5	+	80
7	35	P ² ₃₅ СЗ IV (И ₃₄ А ₁ СЗ V)	генеративний (g ₂)	5	+	85
Зона широкої інтродукції деревних рослин, Західний інтродукційний район (с. Страдч Львівської області, арборетум Ботанічного саду НЛТУ України) / Zone of wide introduction, West introduction district (Stradch, Lviv region, Arboretum of the Botanical Garden of Ukrainian National Forestry University)						
8	29	И ₂₀ А _n Ц	віргінільний (v)	4	++	66
9-12	7	P ³ ₇ ЦГ (И ₂₉ А ₂ СГ IV)	віргінільний (im→v)	4	++	61

* – умовні позначення індексів: И₅₉ – рослина первинної інтродукції віком 59 років; С – розмноження з насіння; А₁ – первинне джерело інтродукції; А₂ – вторинне джерело інтродукції; А_n – невідоме, або «enne» джерело інтродукції; P¹₃₇ – репродуктивна рослина першого покоління віком 37 років; P²₃₅ – репродуктивна рослина другого покоління віком 35 років; Г – вирощування у відкритому ґрунті; З – вирощування у закритому ґрунті; Ц – перенос цілої рослини; III – цвіте, але насіння не дає; IV – цвіте, але насіння можна отримати при штучному сприянні; V – дає насіння у сприятливі роки; в дужках наведено інформацію про материнську рослину.

Characteristics in columns: 1 – No. of a tree; 2 – age of a tree; 3 – place of a tree in the acclimatization process according to V. Nekrasov (* indexes: И₅₉ – plant of the 1-st introduction at the age of 59, С – propagation by seeds, А₁ – the 1-st source of introduction, А₂ – the 2-d source of introduction, А_n – the “n” or unknown source of introduction, P¹₃₇ – reproduction plant of the 1-st generation at the age of 37, P²₃₅ – reproduction plant of the 2-d generation at the age of 35, Г – growing in the outdoor area without cover, З – growing under the protective cover, Ц – introduction by transplantation seedling, III – flowering, but does not produce seeds (without seeds), IV – flowering plants but seeds can be obtained only by special help, V – produces seeds in favorable years; information about the maternal plant is given in brackets; 4 – period of ontogeny; 5 – winter hardiness according to Kokhno & Kurdiuk; 6 – drought-resistance according to the Nikita Botanical Garden method; 7 – appraisal of acclimatization according to Kokhno & Kurdiuk.

Дискусія (Discussion). Виявляючи достатньо високу пластичність і здатність до пристосування у змінних умовах зовнішнього середовища, залізне дерево, як і інші реліктові види третинного періоду, відзначається спадковими рисами, які властиві видам субтропічного клімату. Однією із найхарактерніших біологічних особливостей цього деревного виду є тривале збереження старих листків у зимовий період після завершення вегетації. Таке стійке і тривале збереження листя, як вважає І. Сафаров (1962), дає підставу зробити припущення, що у третинному періоді парочія була вічно-зеленою, але погіршення кліматичних умов сприяло її формуванню як листопадного виду. Для парочії персидської, як деревного виду субтропічного клімату, тривалість листопаду істотно залежить від екологічних умов. За результатами досліджень І. Сафарова (1962) і в лісах Талишу, і за межами природного ареалу тривале збереження листків аж до квітня притаманне деревам у кращих мікрокліматичних умовах (природні деревостани на захищених від вітру елементах рельєфу, лісові культури зі штучним поливом), а швидкий листопад спостерігався у дерев, затінених верхнім ярусом або заселених омелою. На досліджуваних об'єктах в Україні період листопаду залежить від погодних умов. Так, в м. Одесі листопад завершується у першій декаді грудня, а в умовах Розточчя може тривати до останньої декади березня.

Серед інших спадкових ознак у процесі інтродукції особливо важливими є вибагливість до тепла і вологості. Тому, розглядаючи напрямки інтродукції *Parrotia persica* з вологих субтропіків Талишських гір до Приморської посушливої кліматичної зони України варто враховувати не стільки географічний, скільки екологічний вектор. Останній, згідно теоретичних поглядів Г.М. Зайцева (1988), вважається *негативною інтродукцією*, як до температури, так і до опадів, тому що обидва ці фактори в пункті інтродукції кількісно зменшились (див. табл. 2). Наочним прикладом такого «негативу» є порівняння кліматичних діаграм природного ареалу і пунктів інтродукції, побудованих за методом географа і кліматолога Г. Тейлора (Jonson, 1921; Асадулаев та ін., 2013; O'Brien, 2015), які відображають хід річних температур та опадів за місяцями без застосування редукції кількості опадів (див. рис. 2).

Як відзначає переважна більшість дослідників, інтродуковані рослини майже завжди знаходяться у стресових умовах росту (за постійної дії незвичних температур, вологості, фотоперіоду, тощо), а тривалі спостереження багатьох авторів свідчать, що адаптація до одного стресового фактору (наприклад, до низьких температур), не тільки не підвищує, а навпаки, знижує стійкість до дії інших факторів. Вірогідно, що успіх інтродукції виду насамперед буде залежати від того фактору, який знаходиться у мінімумі, а в нашому випадку для *Parrotia persica* – від умов зволоження. Однак, потрібно відрізнити виживання *Parrotia persica* в умовах «*ex situ*» об'єкту природно-заповідного фонду посуш-

ливого Півдня України, де волога хоча і є основним лімітуючим критичним фактором, підлягає частковому регулюванню (на відміну від температури, вітру, інсоляції) за рахунок додаткового поливу в періоди дефіциту опадів. Саме за рахунок додаткового зволоження в Одеському ботанічному саду дерево № 7 у 2014 р. дало врожай повноцінного схожого насіння (див. табл. 1, текст на ст. 17). А при застосуванні штучного поливу в Ташкентському ботанічному саду залізне дерево росте значно швидше, ніж на батьківщині (Славкіна, 1968).

Отже, культивний інтродукційний ареал за Б.М. Головкіним (або ж штучний чи вторинний за визначеннями інших авторів), на відміну від природного, може відзначатись комплексом додаткових ознак, які пов'язані з активним впливом людини на вирощуванні рослини за допомогою системи агротехнічних заходів (підживлення, полив, притінення, укриття на зиму надземних частин і кореневих систем), які вдосконалюються в процесі тривалих досліджень. Напевно, саме через відсутність такого досвіду О.Л. Липа у 1952 р. відзначав, що в умовах України залізному дереву властиві дуже повільний пригнічений ріст, переважно через недостатню вологість повітря, низька зимостійкість і тому цей вид може мати лише обмежене значення (*перший ступінь акліматизації* – А₁).

Видатний болгарський дендролог і ландшафтний архітектор Л. Стойчев (1962) рекомендував парочію тільки для південних районів своєї країни, де у віці 50 років її висота становить 8 м, що значно гірше, ніж за результатами інтродукції в умовах ботанічного саду м. Одеси (див. табл. 1).

Однією із першопричин інтродукції *Parrotia persica* до ботанічних садів була її виняткова декоративність – ефектна осіння зміна кольорів листя від жовто-помаранчевих до пурпурно-шарлахових. Саме завдяки цій ознаці парочія увійшла в теорію і практику ландшафтного дизайну як декоративно-листяна порода. Але, окрім осіннього аспекту, частині рослин залізного дерева властиве яскраве забарвлення молодих листків на приростах поточного року, яке може зберігатись як впродовж всього літа, так і на початку осені (рис. 8, b, c). Природа цього явища ще не цілком з'ясована і, вірогідно, залежить від мікрокліматичних показників. Так, в умовах Розточчя дерево № 8 у 2017-2018 рр. зберігало особливо яскравий колір листя від кінця травня до кінця жовтня, що в сумі становило 150-160 днів (Прикладівська, 2017) і могло бути зумовлене значною сумою опадів років попередньої вегетації (2016 р. – 866 мм, 2017 р. – 778 мм). Після пересадки у 2019 р. рослина частково опинилась під кронами високих дерев, в гірших мікрокліматичних умовах освітлення і зволоження, а також з гіршою за попередній період сумою опадів (2018 р. – 662 мм, 2019 р. – 601 мм) і, ймовірно, саме це зумовило слабо помітний червоний літній колір молодих приростів. На можливість втрати осіннього забарвлення листя у пригнічених і затінених дерев цього виду вказував G. Krüssmann (1985).

Уникаючи дискусії стосовно теоретичних аспектів і суті терміну *акліматизація*, але виходячи з необхідності його використання для оцінювання практичних результатів успішності інтродукції, вважаємо за доцільне навести декілька різних поглядів на цю проблему. Так, значна частина дослідників вважає акліматизацію процесом пристосування рослинних організмів до умов нового, відмінного від природного ареалу, середовища і приділяє основну увагу адаптаційним аспектам, зокрема і за активного втручання людини (Ч. Дарвін, Е. Регель, А. М. Краснов, І. В. Мічурін, О. П. Ільїнський, В. П. Малєєв, С. Я. Соколов, Ф. М. Русанов, І. О. Базилевська та ін.). Але існують і протилежні думки, зокрема Є. В. Вульф фактично заперечував можливість акліматизації рослин людиною; Г. М. Зайцев (1983) дотримується думки, що реакцію рослин на клімат не варто називати ані акліматизацією, ані пристосуванням і можлива лише генетична акліматизація в процесі філогенезу, а за значних розходжень екологічних умов природного ареалу і місця інтродукції реакція інтродуцента на клімат не є пристосуванням і має лише захисний, переважно патологічний характер.

Стосовно значення інтродукованих рослин як маточників вихідного матеріалу для наступної інтродукції в нові райони, єдиної думки не існує. Такі провідні інтродуктори як П. І. Лапін і Ф. М. Русанов віддавали перевагу первинній інтродукції з природного ареалу, бо вважали її генетично багатшою, на відміну від М. О. Авроріна і О. М. Корміліцина для яких насіння, отримане від виду за межами своєї батьківщини у вторинному ареалі, для подальшої інтродукції має першочергове значення. О. Л. Липа (1977) переконаний, що найнадійнішим методом акліматизації є вирощування екзотів з насіння безпосередньо в пункті нової інтродукції. На цьому положенні він обґрунтував теорію ступінчастої акліматизації або метод географічних ступенів. Наочно побачити схему такого ступінчастого переміщення виду можна за допомогою кліматичних діаграм Г. Тейлора з відображенням ходу річних температур і опадів за місяцями (рис. 9). У нашому випадку для залізного дерева на Півдні України, це стрибкоподібні зміни клімату – від вологого субтропічного (Cfa) в природному ареалі Азербайджану до кліматів у пунктах проміжної інтродукції: вологого субтропічного з тенденцією до середземноморського у Тбілісі (Cfa→Csa); середземноморського з тенденцією до континентального з сухим літом і переважанням зимових опадів у вигляді снігу в Ташкенті (Csa→Dsa); до вологого континентального в Києві (Dfb) і, врешті, до клімату континентального зі спекотним літом і холодною зимою та певною тенденцією до степового клімату в кінцевому пункті інтродукції – м. Одесі (Dfa→BSk). Дані табл. 2 основних показників кліматів та їхня ілюстрація за допомогою кліматичних діаграм (див. рис. 2, 9) свідчать, що найважливішим несприятливим екологічним фактором, який визначає успіх інтродукції *Parrotia persica* на Півдні України, ви-

ступає волога на фоні високих літніх температур. І хоча більшість авторів вважають одним із основних критеріїв успішності інтродукції екзотів їхню здатність до насінного відновлення, в нашому випадку, коли залізне дерево становить інтерес виключно як декоративно-листяна порода з цікавими корою і габітусом крони та стабільним щорічним цвітінням, генеративну здатність можна не вважати пріоритетною ознакою з погляду визнання перспективності цього деревного виду для подальшого впровадження. Зокрема О. Л. Липа, підсумовуючи результати тривалого періоду інтродукції декоративних деревовидних рослин в Україні, зарахував *Parrotia persica* до числа 36-ти рідкісних і цінних видів покритонасінних, які підлягають індивідуальній охороні, відзначивши факти її успішної інтродукції в Ялті, Одесі, Києві (Липа, 1978).

Висновки (Conclusion). *Parrotia persica* – вологолюбний і теплолюбний третинний релікт Гірканської флористичної області з обмеженим ареалом у Північному Ірані та Південно-східному Азербайджані. Незважаючи на значну відмінність екологічних умов Гірканіки та України, активні спроби інтродукції *Parrotia persica* на територію останньої розпочато у першій половині ХХ ст., завдяки чому вже напередодні Другої світової війни цей рідкісний екзот входив до складу дендрологічних колекцій в Одесі, Великих Боковеньках, Дніпропетровську, Києві (Липа, 1952, 1978; Липа, 1977).

Аналіз успішності інтродукції *Parrotia persica*, здійснений на основі вивчення особливостей росту, фенологічного розвитку, здатності до розмноження, стійкості до основних факторів клімату із застосуванням різноманітних шкал і таблиць (Липа, 1977; Некрасов, 1980; Кохно, Курдюк, 1994; Меженський, 2007 та ін.), дає підстави зробити наступні висновки: 1) відповідно до розгорнутої шкали оцінки ступенів акліматизації О. Л. Липи, залізне дерево на сучасному етапі інтродукції в Одеському ботанічному саду, на відміну від попередньої оцінки виду цим автором у 1952 р. (A₁ – перший ступінь акліматизації: див. текст на ст. 22), потрібно оцінити як рослину *третього ступеня акліматизації* – A₃ (розвивається нормально, зазвичай не підмерзає, регулярно цвіте, плодоносить, але насіння майже завжди втрачає схожість); 2) оцінювання зимостійкості і посухостійкості показало, що в м. Одесі цей вид цілком зимостійкий, але «не стійкий до посухи»; на Розточчі ж частково підмерзають однорічні пагони, а стосовно посухи вид визначено як «середньо посухостійкий»; 3) високі акліматизаційні числа за М. А. Кохном та О. М. Курдюком свідчать про «добру акліматизацію».

З результатів попередніх досліджень стану дерев *Parrotia persica* в умовах Українського Розточчя впливає, що вологий клімат останнього з незначною амплітудою сезонних температур, помірно теплим літом і м'якою зимою є досить сприятливим для інтродукції виду, забезпечує успішний ріст і розвиток вегетативних органів, а тому подальше впровадження залізного дерева в цьому регіоні можна вважати доцільним і обґрунтованим.

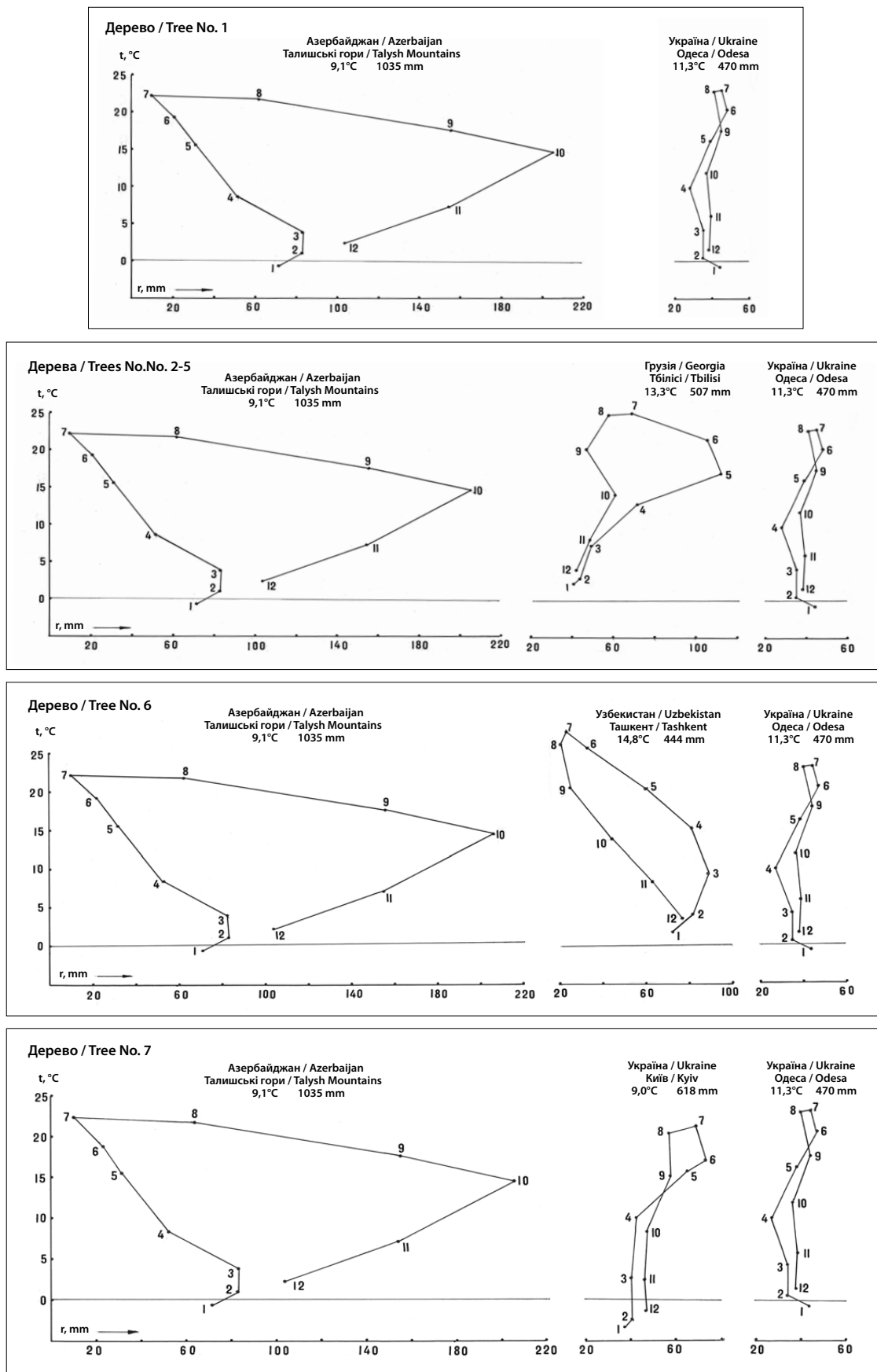


Рис. 9. Схематичне зображення ступінчастої акліматизації дерев *Parrotia persica* в Одеському ботанічному саду за допомогою кліматичних діаграм Г. Тейлора. 1-12 – місяці року

Fig. 9. Schematic representation of introduction stages (step by step) for *Parrotia persica* trees in the Odesa Botanical Garden using G. Taylor's climographs. 1-12 – months of the year

Загалом *Parrotia persica* відзначається досить високою життєздатністю, доволі непогано переносять умови культури північніше природного ареалу, є перспективною декоративною рослиною для садово-паркового будівництва та озеленення як у Приморській посушливій, так і в Північно-західній достатньо зволоженій кліматичних зонах України. Основними вагомими причинами її обмеженого використання потрібно вважати недостатню популяризацію, складнощі з отриманням матеріалу для розмноження та його вирощуванням і, як наслідок, відсутність саджанців власного виробництва.

Подяки (Acknowledgements). Авторки висловлюють щиру вдячність польським дендрологам: науковому співробітнику Гербарію (KOR) Інституту Дендрології ПАН в Курніку, доктору Петру Косіньському; професору, доктору габілітованому Природничого Університету в Познані Владиславу Данелевічу; члену Польського Товариства Дендрологічного і Британського Товариства Вимірювання Дерев (*The Tree Register UK*) Кшиштофу Борковському за сприяння в ознайомленні з дослідженнями *Parrotia persica* на території Ірану професором Казімежем Бровічем – видатним польським дендрологом, всесвітньо визнаним дослідником флори південно-східної Азії. Авторки також вдячні колективу Гербарію (LW) Львівського національного університету імені Івана Франка за можливість скористатись обладнанням Гербарію для фотографування гербарних зразків.

Список літератури (References)

- Асадулаев, З. М., Рамазанова, З. Р., Садыкова, Г. А. (2013). Сравнительная оценка климатодиаграмм и их модификаций при интерпретации ботанических исследований. *Вестник Дагестанского научного центра. Химия и биология*, 50, 42-48 [Asadulaev, Z. M., Ramazanova, Z. R., & Sadykova, G. A. (2013). Comparative evaluation of climographs and their modifications in the interpretation of botanical studies. *Bulletin of Daghestan Scientific Center. Chemistry and Biology*, 50, 42-48. Retrieved from www.vestnikdns.ru/IssSources/50/Asadullaev.pdf] (in Russian)
- Блютген, И. (1973). *Климаты земного шара. Т. 2.* Москва: Прогресс [Blüthgen, J. (1973). *Climate of the Globe. V. 2.* Moscow: Progress] (in Russian)
- Бучинский, И. Е. (1960). *Климат Украины.* Ленинград: Госметеиздат [Buchinskii, I. E. (1960). *Climate of Ukraine.* Leningrad: State Meteorological Publishing] (in Russian)
- Гирканский заповедник (1990). В кн.: *Заповедники СССР. Заповедники Кавказа* (с. 235-244). Москва: Мысль [Hircanian Nature Reserve (1990). In *Nature reserves of USSR. Nature reserves of Caucasus* (pp. 235-244). Moscow: Thought] (in Russian)
- Головкин, Б. Н. (1988). *Культурный ареал растений.* Москва: Наука [Golovkin, B. N. (1988). *Cultigenic area of plants.* Moscow: Science] (in Russian)
- Дажо, Р. (1975). *Основы экологии.* Москва: Прогресс [Dajoz, R. (1975). *Basis of Ecology.* Moscow: Progress] (in Russian)
- Жаренко, А. З., Бонецкий, А. С., Филатова, С. А. (1980). *Ботанический сад Одесского университета.* Киев-Одесса: Вища школа [Zharenko, A. Z., Bonetskii, A. S., & Filatova, S. A. (1980). *Botanical Garden of the Odesa University.* Kyiv-Odesa: Higher school] (in Russian)
- Зайцев, Г. Н. (1983). *Оптimum и норма в интродукции растений.* Москва: Наука [Zajtsev, G. N. (1983). *Optimum and standard in introduction of plants.* Moscow: Science] (in Russian)
- Заповідні території України. Ботанічні сади і дендропарки. (2009). Київ: ТОВ «Майстерня книги» [Protected territories of Ukraine. Botanical gardens and Arboretums. (2009). Kyiv: Workshop of books] (in Ukrainian)
- Каталог дендрологических коллекций арборетума Государственного Никитского ботанического сада. (1970). Симферополь: Таврида [Catalogue of the dendrology collections of arboretum of the State Nikita Botanical Garden. (1970). Simferopol: Tavrida] (in Russian)
- Коваленко, С. Г., Бондаренко, О. Ю., Немерцалова, В. В., Васильева, Т. В. (2017). Володимир Іполитович Липський – видатний ботанік, флорист, директор Одеського ботанічного саду. *Генофонд колекцій ботанічних садів і дендропарків – запорука сталих фітоценозів в умовах кліматичних змін: збірка статей Міжнарод. наук. конф., присвяч. 150-річчю Ботанічного саду ім. акад. В. І. Липського Одеського нац. ун-ту ім. І. І. Мечникова* (Одеса, 19-21 вересня 2017 р.), 249-253. Одеса: Одеський національний ун-т [Kovalenko, S. G., Bondarenko, O. Yu., Nemertsalova, V. V., & Vasylyeva, T. V. (2017). Volodymyr Ipolitovych Lipsky – a famous botanist, florist, director of the Odesa Botanical Garden. In *The Gene pool of the Botanical gardens and Arboretums collection – the key to sustainable phytocenosis in the context of climate change*, 249-253. Odesa, Ukraine] (in Ukrainian)
- Кохно, Н. А., Курдюк, А. М. (1994). *Теоретические основы и опыт интродукции древесных растений в Украине.* Киев: Наукова думка [Khohno, N. A., & Khurdiuk, A. M. (1994). *Theoretic basis and experience of woody plant introduction in Ukraine.* Kyiv: Science Thought] (in Russian)
- Лапин, П. И. (1967). Сезонный ритм развития древесных растений и его значение для интродукции. *Бюллетень ГБС*, 65, 13-18 [Lapin, P. I. (1967). Season rhythm of woody plants and its importance for introduction. *Bulletin of General Botanical Garden*, 65, 13-18] (in Russian)
- Липа, О. Л. (1977). *Дендрологія з основами акліматизації.* Київ: Вища школа [Lypa, A. L. (1977). *Dendrology with basis of acclimatization.* Kyiv: Higher School] (in Ukrainian)
- Лыпа, А. Л. (1952). Дендрологические богатства Украинской ССР и их использование. В кн.:

- Озеленение населенных мест (с. 9-521); под ред. А. И. Барбарича. Киев: Изд-во Академии архитектуры Украинской ССР [Lyra, A. L. (1952). Dendrology riches of Ukrainian SSR and their use. In A. I. Barbarich (Ed.), *Creating of green territory in populated areas* (pp. 9-521). Kyiv: Publishing of Architectural Academy of Ukrainian SSR] (in Russian)
- Лыпа, А. Л. (1978). *Интродукция и акклиматизация древесных растений на Украине*. Киев: Вища школа [Lyra, A. L. (1978). *Introduction and acclimatization of woody plants in Ukraine*. Kyiv: Higher school] (in Russian)
- Меженський, В. М. (2007). Уніфікування шкал оцінок, що застосовуються при інтродукції деревних рослин. *Інтродукція рослин*, 4, 26-37 [Mezhen'skii, V. M. (2007). Unification of appraisals for introduction of woody plants. *Introduction of plants*, 4, 26-36] (in Ukrainian)
- Методика фенологических наблюдений в ботанических садах СССР* (1975). Москва: ГБС [Methods of phenology observation in Botanical gardens of USSR. (1975). Moscow: General Botanical Garden] (in Russian)
- Некрасов, В. И. (1980). *Актуальные вопросы развития теории акклиматизации растений*. Москва: Наука [Nekrasov, V. I. (1980). *Topical problems of the development of the plant acclimatization theory*. Moscow: Science] (in Russian)
- Осадча, Л. П., Філатова, С. О., Азарова, Л. В., Слюсаренко, О. М. (2011). Інтродукція *Metasequoia glyptostroboides* Hu et Cheng у Ботанічному саду Одеського національного університету. *Матеріали XIII з'їзду Українського ботанічного товариства* (Львів, 19-23 вересня 2011 р.), 390. Львів: Українське ботанічне товариство [Osadcha, L. P., Filatova, S. O., Azarova, L. V., & Sliusarenko, O. M. (2011). Introduction of *Metasequoia glyptostroboides* Hu et Cheng in Botanical Garden of Odesa National university. In *Papers of the XIII-th Congress of Ukrainian Botanical Society*, 390. Lviv, Ukraine. Lviv: Ukrainian Botanical Society] (in Ukrainian)
- Прикладівська, Т. (2017). Онтогенетичні аспекти декоративності *Parrotia persica* в умовах Українського Розточчя. *Біологічні студії*, 11(3-4), 36-37 [Prykladiv'ska, T. (2017). Ontogenetic aspects of *Parrotia persica* ornamental foliage at Ukrainian Roztochia region. *Studia biologica*, 11(3-4), 36-37] (in Ukrainian)
- Природа Львівської області* (1972). Львів: Вид-во Львівського університету [Nature of Lviv region (1972). Lviv: Lviv University Publishing Office] (in Ukrainian)
- Природа Украинской ССР. Ландшафты и физико-географическое районирование*. (1985). Отв. ред. А. М. Маринич. Киев: Наукова думка [Nature of Ukrainian SSR. Landscape and physiographical district. (1985). (Ed. A. M. Marinich). Kyiv: Science Thought] (in Russian)
- Сафаров, И. С. (1962). *Важнейшие древесные третичные реликты Азербайджана*. Баку: Изд-во Академии наук Азербайджанской ССР [Safarov, I. S. (1962). *The most important woody tertiary relicts of Azerbaijan*. Baku: Publishing of Academy of Science of Azerbaijan SSR] (in Russian)
- Селянинов, Г. Т. (1937). Методика сельскохозяйственной характеристики климата. В кн.: *Мировой агро-климатический справочник* (с. 5-27). Ленинград-Москва: Гидрометеиздат [Sielianinov, G. T. (1937). Method for Agricultural Characteristic of Climate. In *World Agricultural and Climate Guide* (pp. 5-27). Leningrad-Moscow: Hydrometeorological Publishing] (in Russian)
- Сикюра, И. И., Сырица, Л. П. (1990). *Рекомендации по изучению онтогенеза интродуцированных растений в ботанических садах СССР*. Киев: ЦРБС АН УССР [Sikura, I. I., & Syritsa, L. P. (1990). *Recommendations for studying ontogeny of introduced plants in Botanical gardens of USSR*. Kyiv: Central Botanical Garden of Ukrainian SSR Academy of Science] (in Russian)
- Ситник, К. М., Зиман, С. М., Мякушко, Т. Я. (1983). Володимир Іполітович Липський (до 120-річчя з дня народження). *Український ботанічний журнал* 40(5), 97-99 [Sytnyk, K. M., Zyman, S. M., & Miakushko, T. Ya. (1983). Volodymyr Ipolitovych Lypskii (to the 120-th anniversary of birthday). *Ukrainian Botanical Journal*, 40(5), 97-98] (in Ukrainian)
- Славкина, Т. И., Мавжудов, А. А., Максимова, Г. В. (1968). *Деревья и кустарники Европейско-Кавказской части дендропарка Ботанического сада АН УзССР*. Ташкент: Фан [Slavkina, T. I., Mavzhudov, A. A., & Maksimova, G. V. (1968). *Trees and Shrubs of European-Caucasus part of arboretum of the Botanical Garden of the Academy of Science of Uzbek SSR*. Tashkent: Fan] (in Russian)
- Слюсаренко, О. М., Осадча, Л. П., Азарова, Л. В., Філатова, С. О., Чабан, К. В. (2017). *Інтродуценти ботанічного саду. Покритонасінні*. Одеса: Одеський національний ун-т [Sliusarenko, O. M., Osadcha, L. P., Azarova, L. V., Filatova, S. O., & Chaban, K. V. (2017). *Introduced plant of Botanical Garden. Broad-leaved plants*. Odesa: Odesa National University] (in Ukrainian)
- Соколов, С. Я. (1954). Парротия – *Parrotia* С. А. М. В кн.: *Деревья и кустарники СССР*, Т. 3 (с. 233-235). Москва-Ленинград: Из-во Академии наук СССР [Sokolov, S. Ya. (1954). *Parrotia* – *Parrotia* С. А. М. In *Trees and Shrubs of USSR*, Vol. 3 (pp. 233-235). Moscow-Leningrad: Publishing of Academy of Science of USSR] (in Russian)
- Стойчев, Л. И. (1962). *Парковое и ландшафтное искусство*. София: Земиздат [Stoichev, L. (1962). *Park and Landscape Art*. Sofia: Agricultural Publishing] (in Russian)
- Стрямец, Г. В., Прикладівська, Т. Р., Гребельна, В. О., Скобало, О. С., Ференц, Н. М. (2021). Оцінка кліматичних тенденцій в Українському Розточчі за результатами динаміки плювіотермічних умов. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 23, 130-151 [Stryamets, H., Prykladiv'ska, T., Hrebelsna, V., Skobalo, V., & Ferents, N. (2021). The appraisal of climate trends in the Ukrainian Roztochia on the basis of pluviothermal conditions. *Proceedings of the*

- Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 23, 130-151. <https://doi.org/10.15421/412134> (in Ukrainian)
- Харкевич, С. С. (1966). *Полезные растения природной флоры Кавказа и их интродукция на Украине*. Киев: Наукова думка [Kharkevich, S. S. (1966). *Useful plants of natural flora of the Caucasus and their introduction in Ukraine*. Kyiv: Science Thought] (in Russian)
- Andrews, S. (2007). Tree of the Year: Parrotia. *Yearbook of International Dendrology Society*, 6-37. Retrieved from https://wildgardening.de/wp-content/uploads/2012/09/IDS_07TreeoftheYear.pdf
- Bibalani, G. H., Majnonian, B., Adeli, E., & Sanii, H. (2006). Slope stabilization with *Gleditsia caspica* and *Parrotia persica*. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 2(4), 381-385. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/43562849_Slope_stabilization_with_Gleditsia_caspica_and_Parrotia_persica
- Browicz, K. (1982). *Chorology of Trees and Shrubs in South-West Asia and Adjacent Regions. Vol. 1*. Warszawa-Poznań: Polish Scientific Publishers
- Douglas, Ph., & Sjöman, H. (2021). Into the Valley of Parrotia. *Arnoldia*, 78(4), 31-35. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/354203851_Into_the_Valley_of_Parrotia
- Farzaliyev, V., Ibadli, O., Salimov, R., & Safarov, H. (2007). *Conservation of Talish flora and its exposition at Azerbaijan Central Botanical Garden*. Poster presentation on 3-rd Global Botanical Gardens conf. China: 4 p. Retrieved from <https://www.bgci.org/files/Wuhan/Poster+Conserving/FARZALIYEV-VS-POSTER.pdf>
- Grabowski, T., Harasimiuk, M., Kaszewski, B. M., Kravchuk, Ya., Lorens, B., Michalczyk, Z., Shablii, O. (2015). Roztocze – przyroda i człowiek. Zwierzyniec: Roztoczański Park Narodowy [Grabowski, T., Harasimiuk, M., Kaszewski, B. M., Kravchuk, Ya., Lorens, B., Michalczyk, Z., & Shablii, O. (2015). *Roztochia – Nature and Man*. Zwierzyniec: Roztochia Nature Reserv] (in Polish)
- Hieke, K. (1978). *Praktická dendrologie (2)*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství [Hieke, K. (1978). *Practical Dendrology. Vol. 2*. Praha: State Agricultural Publishing] (in Czech)
- Li, J., & Tredici, P. Del (2008). The Chinese Parrotia: A Sibling Species of the Persian Parrotia. *Arnoldia*, 66(1), 2-9. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/284506410_The_Chinese_Parrotia_A_sibling_species_of_the_Persian_Parrotia
- Jonson, E. L. (1921). *Relation of sheep to climate. Thesis*. University of Illinois, USA. Retrieved from <http://core.ac.uk/download/pdf/1583230.pdf>
- Krüssmann, G. (1985). Parrotia C. A. Mey. – Persian Ironwood – Hamamelidaceae. In *Manual of cultivated broad-leaved trees & shrubs. V. II, E – PRO* (p. 353). Portland, Oregon: Timber Press
- Mammadov, T., Iskender, E., & Novruzov, V. (2017). The comparative Monitoring of Endem Rare and Endangered Trees and Shrubs in Azerbaijan. *International Journal of Farma Medicine and biological Sciences*, 6(1), 24-28. <https://doi.org/10.18178/ijpmbs.6.1.24-28>
- Naqinezhad, A., Bahari, S. H., Gholizadeh, H., Esmaeili, R., Hamzeh'ee, B., Djamali, M., & Moradi, H. (2012). A phytosociological survey of two lowland Caspian (Hyrcanian) remnant forest, Northern Iran, for validation of some forest syntaxa. *Phytologia Balcanica*, 18(2), 173-186. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/321302514_A_phytosociological_survey_of_two_lowland_Caspian_Hyrcanian_remnant_forests_Northern_Iran_for_validation_of_some_forest_syntaxa
- Nicholson, R. G. (1989). *Parrotia persica*: An Ancient Tree for Modern Landscapes. *Arnoldia*, 49(4), 34-39. Retrieved from <https://www.biodiversitylibrary.org/partpdf/258525>
- O'Brien, C. (2015). Governing Climate: Griffith Taylor's Climographs and Contemporary Blind Spots. In *Learning Communities. Special Issue: Objects of Governance*, 15 (pp. 26-31). Retrieved from <https://www.cdu.edu.au/sites/default/files/the-northern-institute/10.18793-lcj2015.15.05.pdf>
- Safarov, H. M. (2009). Rare and Endangered Plant Species in Hirkan National Park and its Environs. In N. Zazanashvili, & D. Mallon (Eds.) *Status and Protection of Globally Threatened Species in the Caucasus* (pp. 193-198). Tbilisi: CEPF, WWF. Retrieved from https://www.researchgate.net/profile/Nugzar-Zazanashvili/publication/257538326_Status_and_Protection_of_Globally_Threatened_Species_in_the_Caucasus
- Sattarian, A., Akbarian, M. R., Zarafshar, M., Bruschi, P., & Fayyaz, P. (2011). Phenotypic variation and leaf fluctuating asymmetry in natural populations of *Parrotia persica* (Hamamelidaceae), an endemic species from the Hyrcanian forest (Iran). *Acta Botanica Mexicana*, 97, 65-81. Retrieved from https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-71512011000400009&script=sci_arttext&tlng=en
- Sefidi, K., Marvi-Mohadjer, M. R., Etemad, V., & Copenheaver, C. A. (2011). Stend characteristics and distribution of a relict population of Persian ironwood (*Parrotia persica* C. A. Meyer) in Northern Iran. *Flora*, 206(5), 418-422. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2010.11.005>
- Sefidi, K., Copenheaver, C. A., Kakavand, M., & Behjou, F. K. (2015). Structural Diversity within Mature Forests in Northern Iran: A Case Study from a Relic Population of Persian Ironwood (*Parrotia persica* C. A. Meyer). *Forest Science*, 61(2), 258-265. <https://doi.org/10.5849/forsci.13-096>
- Seneta, W., Dolatowski, J., Zieliński, J. (2021). *Dendrologia*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN [Seneta, W., Dolatowski, J., & Zieliński, J. (2021). *Dendrology*. Warsaw: Polish Science Publishing] (in Polish)
- Silva Tarouca, E. (1913). *Unsere Freiland-Laubgehölze. Anzucht, Pflege und Verwendung Aller Bekannten in Mitteleuropa im Freien Kulturfähigen Laubgehölze*. Wien-Leipzig: F. Tempsky-G. Freytag [Silva

- Tarouca, E. (1913). *Our broad-leaved woody plants. Propagation, routine care and planting*. Vienna-Leipzig: F. Tempsky-G. Freytag] (in German)
- Soltani, E., Maleki, K., & Heshmati, S. (2022). Application of a process-based model to quantifying dormancy loss in seeds of *Parrotia persica* C.A. Meyer. *South African Journal of Botany*, 144, 97-104. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2021.08.003>

Ecological and biological features of *Parrotia persica* (DC.) C. A. Mey in the conditions of Seaside arid and North-western sufficiently humid climatic zones of Ukraine

T. Prykladivska¹, L. Osadcha²

Parrotia persica (Persian parrotia, Persian ironwood) – a moisture-loving and heat-loving endemic of the Hyrkanian floristic region, which stretches along the southern and southwestern coast of the Caspian Sea, is rather a rare species in botanical gardens and arboretums of Ukraine. The biological and ecological features of the species were formed in the Tertiary period, and therefore the main characteristics of Persian ironwood are the absence of winter dormancy and the presence of summer dormancy (which in the natural range is not associated with a period of drought).

Despite the significant difference between the climate of the Hyrkanian floristic region and the climate of Ukraine, the initial attempt to introduce *Parrotia persica* in the South of Ukraine in the 30s of the XX-th century was carried out by the director of the Odesa Botanical Garden, Volodymyr Lipsky, an outstanding botanist and researcher of the flora of the Caucasus. Unfortunately, *Parrotia persica* of this period has not survived because during World War II many trees of the arboretum were cut down to heat the greenhouse with a collection of valuable tropical plants. Due to the reintroduction of *Parrotia persica* since 1955, seven middle-aged Parotia trees are now growing in the arboretum of the Odesa Botanical Garden (Odesa, 87 Frantsuzsky Bulvar; 46°26'31"N 30°46'08"E), which became the subject of these studies.

The seeds for the initial introduction of all the trees were obtained from the Lenkaran forest division in Azerbaijan. The main problem of growing *Parrotia persica* in Odesa (Seaside arid climatic zone of Ukraine) is a significant deficit of moisture. This is a

cause of florescence shortening, insufficient (scanty) seed ripening (only 1-2%) and lack of the secondary increasing of shoots. Due to a lack of moisture during the summer drought, the edges of the leaf blades dry out and the falling of leaves from the entire crown is completed already in November. Therefore, the success of *Parrotia* introduction in such environmental conditions is possible only due to high tending of seedlings, first of all abundant watering. It was due to the prolonged watering of one of the *Parotia* trees in 2014 that most of the seeds got fully ripe and, as a result, under the crown of this tree 145 seedlings were recorded the following year, which subsequently formed the young up-growth. The degree of introduction of *Parrotia* trees in the Odesa Botanical Garden is clearly demonstrated by climographs constructed by G. Taylor's method. They reflect abrupt changes in climate – from humid subtropical (Cfa) in the natural range of Azerbaijan to climates in intermediate introduction points – humid subtropical with a tendency to Mediterranean in Tbilisi (Cfa→Csa), Mediterranean with a tendency to continental with dry summers and a predominance of winter precipitation in the form of snow in the city of Tashkent (Csa→Dsa), to a humid continental climate in the city of Kyiv (Dfb), and, finally, to a continental climate with hot summers and cold winters and a certain tendency to a steppe climate at the final point of introduction – the city of Odesa (Dfa→BSk). These climographs show that the most unfavorable factor for *Parrotia persica* in Odesa is the insufficient amount of precipitation. The success of survival of the young plants in such conditions is based on the experience of the researcher. Despite the fact that seedage of *Parrotia* in Seaside arid climatic zone of Ukraine is assessed as insufficient, the prospect of its use in this region as a valuable collection and ornamental plant species is undoubted.

In Ukrainian Roztochia, which is the part of a region with relatively high climate humidity (the North-Western sufficiently humid climatic zone of Ukraine), the amount of precipitation is not a limiting factor for the growth of *Parrotia persica*, but in frosty winters its one-year-old shoots are damaged. In the arboretum of the Botanical garden of the Ukrainian National Forestry University (the village of Stradch, 20 km in the north-western direction from Lviv; 49°54'N 23°46'30"E), the oldest 20-year-old *Parrotia* tree has characteristic signs of development similar to those in the natural range – bright summer color of young leaves, re-growth of shoots in autumn, preservation of leaves throughout the winter.

The general conclusion is that *Parrotia persica* is a perspective tree species for botanical collections and landscaping provided it receives the necessary tending in both study climatic zones of Ukraine – Seaside arid and North-western sufficiently humid one. The main causes of its limited distribution are insufficient popularization and lack of planting material in the local nurseries.

Key words: Persian parrotia; introduction; Odesa Botanical Garden; Ukrainian Roztochia; winter hardiness; drought-resistance; types of climate; climographs.

¹ Tetyana Prykladivska – PhD in Forestry, the 1-st category engineer at the Department of plants reproduction of the Botanical Garden of Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: +38-032-258-42-81. E-mail: prikladivska_tet@i.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0265-0651>

² Larysa Osadcha – leading specialist of the Vladimir Lipsky Botanical Garden of the I. Mechnikov Odesa National University, 48/50 Frantsuzsky Bulvar st., Odesa, 65058, Ukraine. Tel.: +38-048-746-57-19. E-mail: gardenonu@onu.edu.ua

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/10.15421/412302>
Article received 2023.05.11
Article accepted 2023.11.23

ISSN 1991-606X print

ISSN 2616-5015 online

@ ✉ Correspondence author

Valentyna Meshkova

Valentynameshkova@gmail.com

86 Pushkinska st., Kharkiv, 61024, Ukraine

UDC 630.2

The age structure of *Ulmus* L. stands in the eastern regions of Ukraine

V. L. Meshkova¹, T. S. Pyvovar², O. A. Kuznetsova³

*The aim of the research was to determine the features of the age structure for natural and artificial elm stands depending on species, origin, and region. The proportion of the stand area of natural and artificial stands of each elm species by 10-year age classes was evaluated for the forest fund of the Donetsk, Kharkiv, and Sumy Regional Forest and Hunting Management Administrations (RFHMA). Four main forest-forming elm species are represented in the forest fund of the Donetsk and Kharkiv RFHMA (*U. minor*, *U. laevis*, *U. glabra*, and *U. pumila*). In the Sumy RFHMA, there are three forest-forming elm species: *U. minor*, *U. laevis*, and *U. glabra*. The maximum age of *U. minor* is 120, 117, and 91 years in the Donetsk, Kharkiv, and Sumy RFHMA, respectively. The mean and the maximum age of *U. minor* and *U. glabra* tends to decrease in the Donetsk–Kharkiv–Sumy RFHMA row. The proportion of *U. laevis* is larger in man-made plantations than in natural stands, however, in natural stands, it also increases in the Donetsk–Kharkiv–Sumy RFHMA row. *U. glabra* prevails in natural stands. *U. pumila* in the Donetsk RFHMA grows mainly in man-made plantations. A decrease in the area of newly formed *U. minor* stands in the Donetsk RFHMA occurred after the 1950s, and in the Kharkiv RFHMA after the 1960s in both artificial and natural stands. In the Sumy RFHMA, this also happened in the 1960s in man-made plantations. A decrease in the area of *U. glabra* natural and artificial stands occurred also after the 1960s. We suppose that an epiphytomy of the Dutch elm disease, well-known in Europe in the 1960s, could also be the cause of elm decline in the eastern part of Ukraine. The proportion of the stands' area preserved up to a certain age, depends on particular elm species, region, and stand origin. However, in order to clarify the survival rate, it is necessary to consider the type of forest site conditions, the proportion of elms in the stand composition, and some other features that are to be analyzed in future research.*

Key words: *Ulmus minor* Mill., *Ulmus laevis* Pall., *Ulmus pumila* L., *Ulmus glabra* Huds., man-made plantations, natural stands, Dutch elm disease, survival.

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 Pushkinska st., Kharkiv, 61024, Ukraine. Tel.: +38(097)371-94-58. E-mail: Valentynameshkova@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6483-2736>

² Tetiana S. Pyvovar – Corresponding Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, PhD in Agricultural Sciences, Senior Researcher, the G.M. Vysotsky Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration, 86 Pushkinska st., Kharkiv, 61024, Ukraine. Tel.: +38(097)358-97-49. E-mail: pyvovartatiana@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7250-8549>

³ Olena A. Kuznetsova – post-graduate student, the G.M. Vysotsky Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration, 86 Pushkinska st., Kharkiv, 61024, Ukraine. Tel.: +38(050)174-89-09. E-mail: urbanscapeke@gmail.com

Introduction. Elms (*Ulmus* spp.) as a part of the forest and protective stands promote litter decomposition, as well as nitrogen and phosphorus cycling due to a high concentration of alkaline, and a low concentration of acidic, buffering substances (Matuszkiewicz, 2015; Collin, Bozzano, 2015). These trees are widely used as urban greenery due to their high ornamental value and tolerance to soil compaction, root hypoxia, wind, poor soils, and pollution (Buiteveld, Werf, & Hiemstra, 2015). The wood of this species is highly valued because of its mechanical properties, resistance to water, as well as for its beautiful color and texture (Скольський, 2013; Venturas et al., 2015; Thomas, Stone, & La Porta, 2018; Christopher et al., 2022).

The rapid decline in interest in elm cultivation was associated with the onset of the epiphytomy of Dutch elm disease (DED) and the mass decline of elm trees in the 1960s and 70s (Brasier, 1991; Santini, & Faccoli, 2015; Linnakoski, Kasanen, Dounavi, & Forbes, 2019).

In the forest fund of the State Forest Resources Agency of Ukraine, elm forests occupy less than 0.1% (Захарчук, 2014; Загальна характеристика лісів України, 2022). Elm is not considered a very important tree species in Ukraine, and its damage by various natural and anthropogenic factors has been little studied (Шевченко, 1986, 1987; Скольський, 2009; Пузріна, Явний, 2020). In the eastern part of Ukraine, elm distribution by forest site conditions was studied in the forests of the Donetsk, Kharkiv, and Sumy Regional Forest and Hunting Management Administrations (RFHMA) (Meshkova, Kuznetsova, Khimenko, 2021). It was concluded that *U. minor* is the most common, and *U. glabra* is the least common in the region. At the same time, *U. pumila* dominates in the Donetsk RFHMA and is absent in the Sumy RFHMA. *U. laevis* is most common in the Kharkiv RFHMA.

Differences in the spread of elm species can be associated not only with the availability of favorable forest site conditions but also with the different resistance of individual species to diseases. The latter factor manifests itself in different survival rates of elm species during epiphytomy. Another reason is the decrease in the elm proportion in man-made forest plantations due to the preference for more economically valuable species.

The study of the age composition of elms in the region may also be important for the evaluation of the maturity age of this species. Studies of other forest tree species, in particular, Silver birch (*Betula pendula* Roth) (Meshkova, & Koshelyaeva, 2019) and European ash (*Fraxinus excelsior* L.) (Meshkova, & Borysova 2019) showed that the maturity age evaluated by growth dynamics is much higher than the actual age of tree mortality from disease in the face of the threat of epiphytomy, leading to a loss in the timber quality.

An object of research is the age structure of elm stands. *The subject of research* is the features of age structure for natural and planted elms of different species in the eastern part of Ukraine. *The aim of this article* was to determine the age structure of natural

and artificial elm stands depending on species, origin, and region.

Objects and methods. Database of Ukrainian State Forest Management Planning Association «Ukrderzhlisproekt» (by 2017) was analyzed for the forest fund of Donetsk, Kharkiv, and Sumy RFHMA using SQL-query and converting it to the *.xls files. All these regions are located in eastern Ukraine and represent different natural zones: Donetsk region is entirely in the Steppe zone, Kharkiv region is partly in the Forest-Steppe and Steppe zones, and Sumy region is partly in Polissya and Forest-Steppe zones (Генсіпук, 2002).

Four elm species were analyzed (Meshkova et al., 2021): *U. minor* Mill. (field elm) – in Ukrainian “berest”; *U. laevis* Pall. (white elm, spreading elm, or fluttering elm) – in Ukrainian “gladky”; *U. pumila* L. (Siberian elm) – introduced Asian elm species – in Ukrainian “dribnolysty”, “nyzkiy”; *U. glabra* Huds. (wych elm, Scotch elm) – in Ukrainian “shorstky”, or “goly”.

In this study, subcompartments were selected from the database for each region, where the corresponding elm species was the main forest-forming species. For each region and species of elm, statistics of age distribution were evaluated (Атраментова, Утевская, 2008). The area of natural and artificial stands of each elm species in each of the 10-year age classes was calculated. The dynamics of the age composition of elm stands are presented starting from the year of their planting or natural regeneration, indicating the current age class.

The probability of elm stand survival up to a certain age class was modeled. According to this, the proportion of the stand area of each 10-year age class was estimated for each elm species and stand origin. Then the proportion of the stands' area, which survives up to a certain age, was estimated (Meshkova, & Borysova, 2019; Meshkova, & Koshelyaeva, 2019).

Microsoft Excel software and the statistical software package Paleontological Statistics (PAST) Software Package for Education and Data Analysis (Hammer et al. 2001) were used.

Results. In the forest fund of Donetsk region, there are four elm species that are the main forest-forming species. *U. minor* prevails in terms of area (Meshkova et al., 2021), and both *U. minor* and *U. pumila* dominate in terms of the number of subcompartments (Fig. 1). *U. laevis* occurs in the youngest stands, and the minimum age of *U. glabra* is 29 years. The oldest stands (120 years old) were found in *U. minor*, while the maximum age of other elm species does not exceed 80 years. The age of *U. laevis* is the most variable ($V=46.4\%$), and that of *U. pumila* is the least variable ($V=15.9\%$).

Differences in the mean age of different elm species in Donetsk region are significant according to the Kruskal-Wallis test for equal medians ($H(\chi^2)=118.4$; $P<0.0001$). A pairwise comparison of the Tukey test shows the significance of differences in age between *U. minor* and *U. laevis* ($P<0.0001$) as well as between *U. minor* and *U. pumila* ($P<0.0001$).

In the forest fund of Kharkiv region, four elm species are also represented as the main forest-forming

species, however, *U. minor* prevails in a number of subcompartments (Fig. 2). *U. laevis* is almost three times less represented, and the remaining 2 species occur singly as the main forest-forming species.

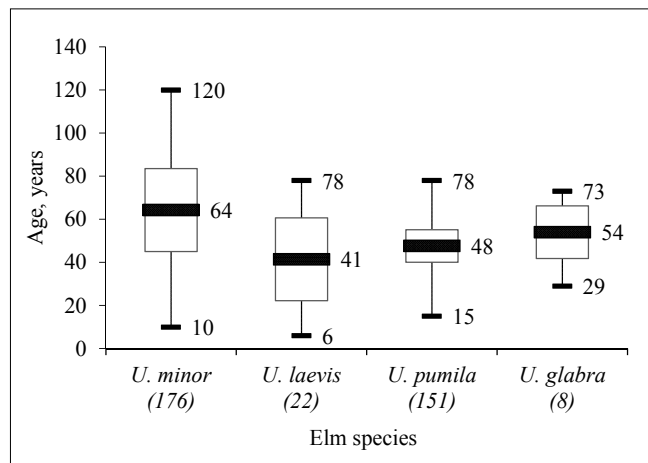


Fig. 1. Mean age of *Ulmus* species in the forests of Donetsk region (the numbers indicate the minimum, mean, and maximum age; numbers of subcompartments are in parentheses after species name; whisker type is standard deviation, box length is one sigma)

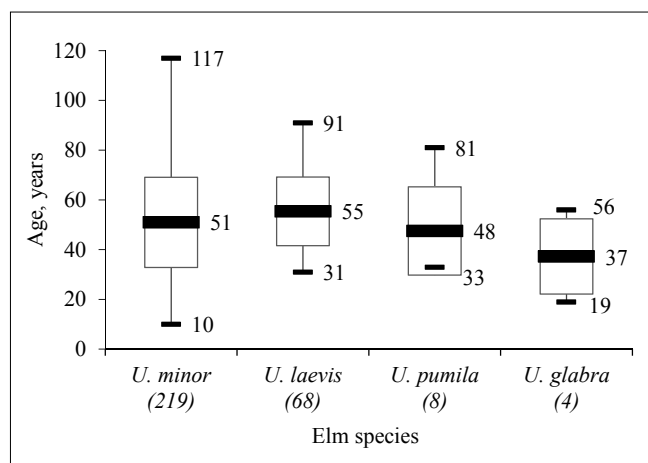


Fig. 2. Mean age of *Ulmus* species in the forests of Kharkiv region (the numbers indicate the minimum, mean, and maximum age; numbers of subcompartments are in parentheses after species name; whisker type is standard deviation, box length is one sigma)

U. minor occurs in the youngest and the oldest stands. The minimum age of *U. glabra* is 19 years and it has also the lowest maximum age.

Differences in the mean age of different elm species in Kharkiv region are significant according to the Kruskal-Wallis test for equal medians ($H(\chi^2) = 8.4$; $P = 0.04$). In a pairwise comparison, the Tukey test shows the significance of differences between *U. minor* and *U. laevis* ($P = 0.02$), as well as between *U. glabra* and *U. laevis* ($P = 0.03$).

In the forest fund of Sumy region, elms as the main forest-forming species are rare. *U. minor* is most frequent (but it is found only in 25 subcompartments) (Fig. 3).

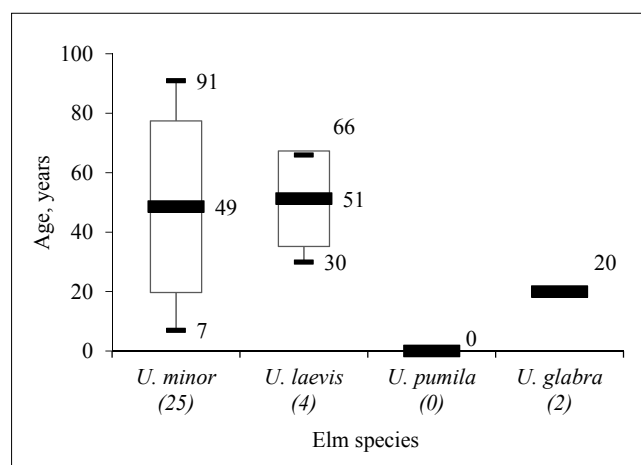


Fig. 3. Mean age of *Ulmus* species in the forests of Sumy region (the numbers indicate the minimum, mean, and maximum age; numbers of subcompartments are in parentheses after species name; whisker type is standard deviation, box length is one sigma)

U. laevis as the main forest-forming species occurs in 4 subcompartments, *U. glabra* – in two subcompartments, and *U. pumila* is absent at all. *U. minor* occurs in the youngest and the oldest stands. The age of *U. glabra* in both stands of its occurrence is 20 years, while *U. laevis* is represented in stands from 30 to 66 years old. Differences in the mean age of *U. minor* and *U. laevis* in Sumy region are not significant ($P > 0.1$).

Comparison of the same elm species in different regions (see Figs. 1-3) shows that the mean and the maximum age of *U. minor*, which is most abundant in the forests of Kharkiv region, tends to decrease in the row Donetsk–Kharkiv–Sumy. Differences in the mean age of *U. minor* in the three regions are significant according to the Kruskal-Wallis test for equal medians ($H(\chi^2) = 55.5$; $P < 0.001$). The Tukey test shows the significance of differences in *U. minor* age between Donetsk and Kharkiv ($P < 0.001$) as well as between Donetsk and Sumy regions ($P = 0.03$). Differences in age between Kharkiv and Sumy regions are not significant ($P = 0.7$).

The mean age of *U. laevis* is the lowest in Donetsk region, its differences in Donetsk and Kharkiv regions are significant ($H(\chi^2) = 11.3$; $P = 0.03$).

The mean age of *U. pumila* in Donetsk and Kharkiv regions differs insignificantly ($H(\chi^2) = 0.94$; $P = 0.3$). At the same time, the minimum age of this elm species in Donetsk region is 15 years, and in Kharkiv region it is 33 years, and the modal value is higher in Donetsk region (50 and 37 years in Donetsk and Kharkiv regions, respectively).

The mean and the maximum age of *U. glabra* tends to decrease in the Donetsk–Kharkiv–Sumy row. The minimum age of this elm species is also the highest in Donetsk region. Due to the small sample size in Sumy region, the Kruskal-Wallis test for equal medians makes it possible to compare only Kharkiv and Donetsk regions ($H(\chi^2) = 2.88$; $P = 0.09$). It indicates unreliable differences in the mean age of *U. glabra* in

these regions. The Mann-Whitney pairwise test shows that the difference in mean age is significant only between Donetsk and Sumy regions ($P=0.05$).

As of 2017, the area of stands with *U. minor*, as the main species, is only 309.3 ha in Sumy region, while in Donetsk and Kharkiv regions, it is 477.3 and 504.9 ha, respectively (Meshkova et al., 2021).

The forest fund of Donetsk region is dominated by 70-year-old stands of *U. minor*, created in the 1950s (about 40% of the area), and the proportion of younger

stands is decreasing, and those created in the 2010s are only about 1% of the area (Fig. 4). In the forest fund of Kharkiv region, a considerable part of *U. minor* stands (31.8%) is 60 years old, that is, they were planted or naturally grown in the 1960s. The area of *U. minor* stands, created before the 1960s, tended to increase and then decreased.

In the forest fund of Sumy region, *U. minor* prevails in 80-year-old stands established in the 1940s and in 30-year-old stands established in the 1990s (see Fig. 4).

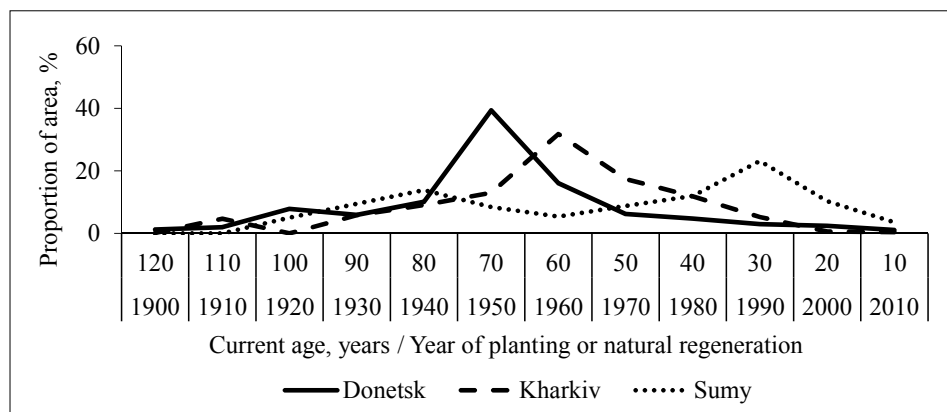


Fig. 4. Distribution of area of *U. minor* stands by current age and the years of planting or natural regeneration in three eastern regions of Ukraine

The areas with *U. laevis* as the main forest-forming species are much smaller than those with *U. minor*. In Kharkiv region, the stands with *U. laevis* as the main forest-forming species occupy an area of 111.6 ha, in Donetsk region – 61.7 ha, and in Sumy region – 12 ha (Meshkova et al., 2021). At the same time, the stands of *U. laevis*, planted or naturally grown in the 1970s, predominate in Donetsk region (35%). Smaller peaks are in the 1940s and 2000s (11 and 14.6%, respectively). In Kharkiv region, the proportion of *U. laevis* area increased in the 1950s and declined in the 1970s. In Sumy region, 69.1% of *U. laevis* area decreased in the 1950s (Fig. 5).

In Donetsk region, the stands with *U. glabra* as the main forest-forming species occupy an area of 14.1 ha, and in Kharkiv and Sumy regions – 3.1 and 3.4 ha, respectively (Meshkova et al., 2021). In Donetsk region,

the main part of *U. glabra* stands (95.7%) was created in the 1960s, in Sumy region – in the 1990s (58.8%), and in Kharkiv region, three small peaks were registered (in the 1960s, 1980s, and 2000s). After each peak in all regions, except Sumy region, there was a period when plantations with *U. glabra* were not created (Fig. 6).

U. pumila is the main forest-forming species in Donetsk (379.4 ha) and Kharkiv regions (15.6 ha) (Meshkova et al., 2021). In Donetsk region, the proportion of this species increased until the 1970s, and in Kharkiv region – until the 1980s (Fig. 7).

We assumed that the age structure of individual elm species depends on the ratio of artificial and natural stands' area. So, *U. minor* stands of natural origin prevail in all three regions, but the proportion of man-made plantations increases from Donetsk towards Sumy region (Table 1).

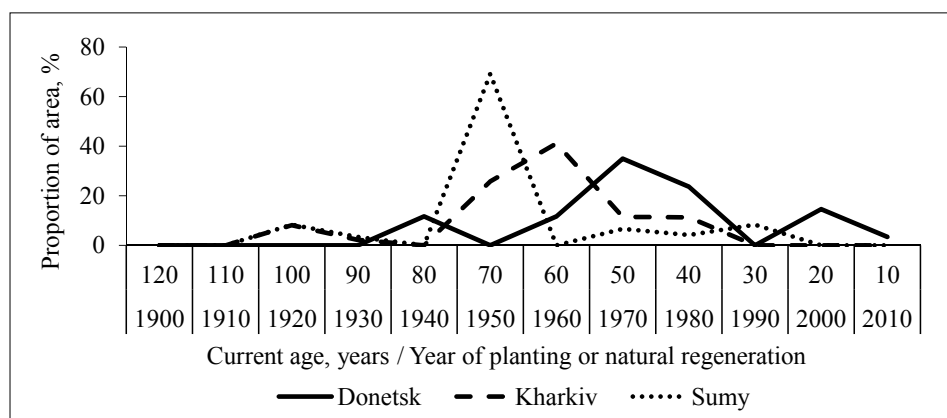


Fig. 5. Distribution of area of *U. laevis* stands by current age and the years of planting or natural regeneration in three eastern regions of Ukraine

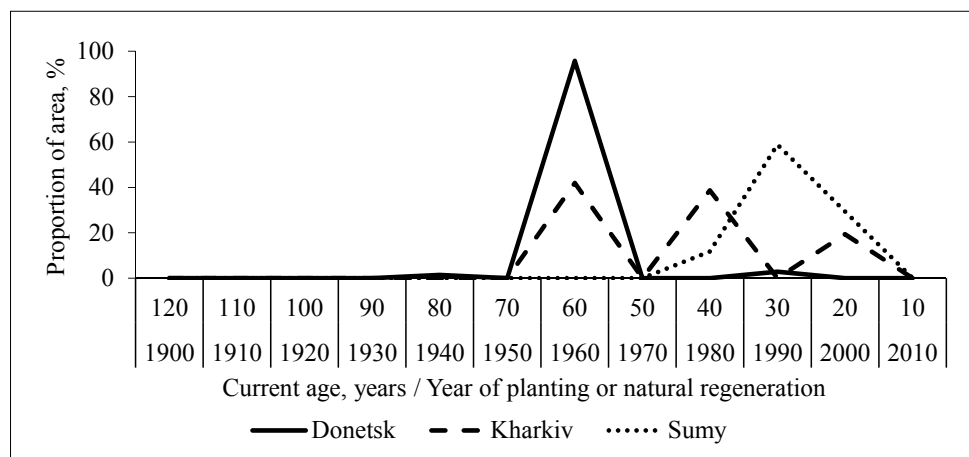


Fig. 6. Distribution of area of *U. glabra* stands by current age and the years of planting or natural regeneration in three eastern regions of Ukraine

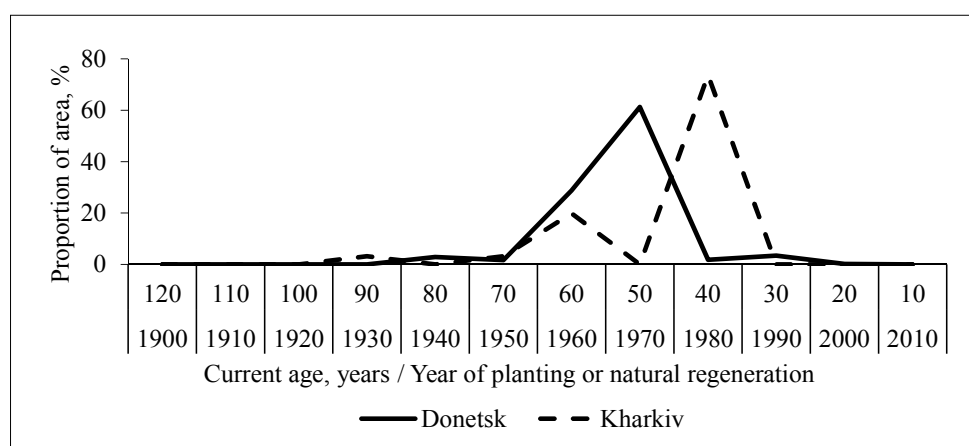


Fig. 7. Distribution of area of *U. pumila* stands by current age and the years of planting or natural regeneration in two eastern regions of Ukraine

Table 1. Distribution of area of certain elm species by origin (%) in the forests of three eastern regions of Ukraine

RFHMA	<i>U. minor</i>		<i>U. laevis</i>		<i>U. glabra</i>		<i>U. pumila</i>	
	man-made	natural	man-made	natural	man-made	natural	man-made	natural
Donetsk	8.3	91.7	66.0	34.0	21.3	78.7	95.2	4.8
Kharkiv	16.0	84.0	61.8	38.2	41.9	58.1	78.2	21.8
Sumy	23.9	76.1	55.0	45.0	14.7	85.3	absent	absent

The proportion of *U. laevis* is larger in man-made plantations than in natural stands, but the proportion of man-made plantations in the area decreases from Donetsk towards Sumy region. *U. glabra* prevails in natural stands, but its proportion is less than that of other elm species (Meshkova et al., 2021). *U. pumila* in Donetsk region grows mainly (95 % of the area) in man-made plantations, and in Kharkiv region, its proportion in natural stands increases.

Due to the different abundance of elm species, the years of their decrease were also different (Table 2, Figs 4-7).

Despite the rather high maximum age of individual stands, more than 50 % of them survived to age class VII only in natural stands of *U. pumila* in Donetsk RFHMA (Table 3).

Survival of *U. minor* exceeded 50 % in age classes V–VI, and only in natural stands of this species it sharply decreased after age class III. The survival of *U. laevis* in man-made plantations increased from Donetsk towards the Sumy RFHMA. Natural stands of this species in the Donetsk RFHMA already in age class II survived in less than half of the initial area, and in the Kharkiv and Sumy RFHMA, it happened

after age classes V-VI, respectively. *U. glabra* in the man-made plantations of the Donetsk and Kharkiv RFHMA and in natural stands of the Donetsk RFHMA survived up to age class V, and in other stands, its survival sharply decreased already in age classes I-III.

Survival of *U. pumila* in both man-made plantations and natural stands of the Kharkiv RFHMA was less than 50 % already in age class IV, in man-made plantations in the Donetsk RFHMA in class V, and in natural stands only in class VIII (see Table 3).

Table 2. Years of decreasing the area of establishment of man-made plantations and natural regeneration of *Ulmus* spp.

RFHMA	<i>U. minor</i>		<i>U. laevis</i>		<i>U. glabra</i>		<i>U. pumila</i>	
	man-made	natural	man-made	natural	man-made	natural	man-made	natural
Donetsk	1950	1950	1980	1940	1960	1960	1960	low area
Kharkiv	1960	1960	1960	1950	1960	low area	1980	1980
Sumy	1960	1990	1950	1950	low area	low area	absent	absent

Table 3. Survival stands up to certain age classes depending on elm species, origin, and RFHMA

Elm species	RFHMA	Man-made or natural stands	Age classes							
			I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
			Year of planting or natural regeneration							
			2010	2000	1990	1980	1970	1960	1950	1940
<i>U. minor</i>	Donetsk	Man-made	100.0	100.0	100.0	100.0	83.4	52.1	11.1	0.8
	Kharkiv		100.0	100.0	100.0	87.1	62.8	24.4	18.9	7.9
	Sumy		100.0	99.6	99.6	93.2	85.4	64.8	48.0	20.3
	Donetsk	Natural	98.8	96.2	93.0	87.8	82.5	67.8	28.6	18.5
	Kharkiv		99.5	98.8	92.6	81.0	64.9	34.3	19.9	11.2
	Sumy		95.3	81.9	51.5	37.7	28.6	28.0	22.2	12.7
<i>U. laevis</i>	Donetsk	Man-made	100	100.0	100.0	64.1	17.7	0.0	0.0	0.0
	Kharkiv		100.0	100.0	100.0	83.6	78.3	24.5	1.3	1.3
	Sumy		100.0	100.0	89.4	89.4	89.4	89.4	6.1	0.0
	Donetsk	Natural	90.0	47.1	47.1	47.1	34.3	34.3	34.3	0.0
	Kharkiv		100.0	100.0	100.0	96.9	75.6	54.9	24.9	24.9
	Sumy		100.0	100.0	94.4	85.2	70.4	70.4	18.5	18.5
<i>U. glabra</i>	Donetsk	Man-made	100.0	100.0	86.7	86.7	86.7	0.0	0.0	0.0
	Kharkiv		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0
	Sumy		100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Donetsk	Natural	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	1.8	1.8	0.0
	Kharkiv		100.0	66.7	66.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Sumy		100.0	82.8	13.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>U. pumila</i>	Donetsk	Man-made	100.0	100.0	97.5	95.7	32.0	1.8	0.0	0.0
	Kharkiv		100.0	100.0	100.0	29.5	29.5	4.1	0.0	0.0
	Donetsk	Natural	100.0	96.1	74.6	72.9	60.8	60.8	60.8	0.0
	Kharkiv		100.0	100.0	100.0	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7

Note. Bold indicates the value after which the survival is less than 50%.

Discussion. In the forest fund of the eastern part of Ukraine, four forest-forming elm species are presented, particularly, *U. minor*, *U. laevis*, *U. glabra*, and *U. pumila*. However, *U. pumila* is absent in the Sumy RFHMA. *U. minor* is the main forest-forming species in the largest number of subcompartments in all RFHMA. *U. laevis* as the main forest-forming species is most represented in the Kharkiv RFHMA. *U. glabra* in all regions analyzed is represented as the main forest-forming species in a small number of subcompartments (see Figs. 1-3).

Differences in the spread of elm species are mainly associated with the availability of favorable forest site conditions. For example, in Poland, *U. laevis* prefers riparian habitats, *U. minor* occurs at less humid sites, while *U. glabra* prefers moist slopes (Napierała-Filipiak et al., 2016).

In the eastern part of Ukraine, *U. minor* prefers fresh and dry fertile forest site conditions (FSC). *U. laevis* in the Donetsk RFHMA prefers dry and fresh fertile FSC types, in the Kharkiv RFHMA – fresh fertile FSC types, in the Sumy RFHMA – fresh relatively poor, relatively fertile, and fertile FSC types. *U. pumila* in the Donetsk RFHMA prefers dry relatively fertile FSC, in the Kharkiv RFHMA – fresh fertile FSC, in the Sumy RFHMA – fresh relatively poor FSC, fresh relatively fertile FSC, and moist fresh relatively fertile FSC. *U. glabra* prevails in moist relatively fertile FSC types, and in the Kharkiv RFHMA it is also common in fresh fertile FSC types (Meshkova et al., 2021).

An analysis shows, that the maximum age of *U. minor* is 120, 117, and 91 years in the Donetsk, Kharkiv, and Sumy RFHMA, respectively. The mean and the maximum ages of *U. minor* and *U. glabra* tend to decrease in the Donetsk–Kharkiv–Sumy RFHMA row (see Figs 1-3). This may be due to the fact that forest site conditions are more favorable for growing more economically valuable forest species in the forest zone (the north of Sumy region), they are less favorable in the forest-steppe zone (the south of Sumy region and the north of Kharkiv region), and the least favorable conditions are found in the steppe (the south of Kharkiv region and Donetsk region) (Генсірук, 2002; Загальна характеристика лісів України, 2022).

For the same reason, *U. minor* stands of natural origin prevail in all three regions and also decrease in the Donetsk–Kharkiv–Sumy RFHMA row (see Table 1). The proportion of *U. laevis* is larger in man-made plantations than in natural stands, however, in natural stands it increases in the Donetsk–Kharkiv–Sumy RFHMA row. *U. glabra* prevails in natural stands. *U. pumila* in Donetsk region grows mainly in man-made plantations.

A decrease in the area of newly formed *U. minor* stands in the Donetsk RFHMA occurred after the 1950s, and in the Kharkiv RFHMA – after the 1960s in both artificial and natural stands. In the Sumy RFHMA, this also happened in the 1960s in man-made plantations but only in the 1990s in natural stands. A decrease in the area of new *U. laevis* natural stands occurred after

the 1940s in the Donetsk RFHMA and after the 1950s in the Kharkiv and Sumy RFHMA. Such a decrease in the man-made plantations occurred after the 1950s in the Sumy RFHMA, in the 1960s – in the Kharkiv RFHMA, and in the 1980s – in the Donetsk RFHMA. A decrease in the area of new *U. glabra* natural and artificial stands occurred after the 1960s. Such a decrease in man-made plantations of *U. pumila* occurred after the 1960s in the Donetsk RFHMA and after the 1980s – in the Kharkiv RFHMA (see Figs 4-7, Table 2). These data are consistent with publications on the spread of DED in Europe in the 1950s. and 1960s (Menkis, Östbrant, Wågström, & Vasaitis, 2016; Jürisoo, Adamson, Padari, & Drenkhan, 2019), which reflected in the age spectrum of elm stands (Heybroek, 2015; Napierała-Filipiak et al., 2016).

Survival of stands up to perfect age class is an important parameter that can be used for the evaluation of the maturity age of certain tree species. Such an approach has been successfully tested in the analysis of the survival of pine stands in Sumy region (Tovstukha, 2012), English oak (*Quercus robur* L.) (Meshkova, & Didenko, 2017), European ash (*Fraxinus excelsior* L.) (Meshkova, & Borysova, 2019) and silver birch (Meshkova, & Koshelyaeva, 2019) in the Left-bank Forest Steppe of Ukraine. Our research shows that the survival rate of stands depends on elm species, stand origin, and region (see Table 3). However, to obtain more exact data, it is necessary to consider also the dependence of survival rate on the type of forest site conditions, the proportion of various elm species in the stand composition, and some of their other features.

Conclusions. In the forest fund of the Donetsk and Kharkiv RFHMA, four species of elm are forest-forming ones: *U. minor*, *U. laevis*, *U. glabra*, and *U. pumila*. In the Sumy RFHMA, there are three species: *U. minor*, *U. laevis*, and *U. glabra*. Elms as the main forest-forming species and are most represented in Donetsk and Kharkiv regions. The maximum age of *U. minor* is 120, 117, and 91 years in the Donetsk, Kharkiv, and Sumy RFHMA, respectively. The mean and the maximum age of *U. minor* and *U. glabra* tends to decrease in the row Donetsk–Kharkiv–Sumy RFHMA. The proportion of *U. laevis* is larger in man-made plantations than in natural stands, however, in natural stands it increases in the row Donetsk–Kharkiv–Sumy RFHMA. *U. glabra* prevails in natural stands. *U. pumila* in Donetsk region grows mainly in man-made plantations.

A decrease in the area of newly formed *U. minor* stands in the Donetsk RFHMA occurred after the 1950s, and in the Kharkiv RFHMA – after the 1960s in both artificial and natural stands. In the Sumy RFHMA, this also happened in the 1960s in man-made plantations but only in the 1990s in natural stands. A decrease in the area of new *U. glabra* natural and artificial stands occurred after the 1960s. An epiphytomy of the Dutch elm disease, well-known in Europe in the 1960s, could be also the cause of elm decline in the eastern part of Ukraine.

Survival of stands depends on elm species, stand origin, and region. However, to obtain more exact data, it is necessary to consider also the dependence of survival rate on the type of forest site conditions, the proportion of various elms species in the stand composition, and some of their other features.

Acknowledgments. The paper was prepared by the authors in the framework of a research plan of URIFFM (grant 01s20U101891), which was supported by the State Forest Resources Agency of Ukraine. The authors would like to thank the anonymous reviewers for their valuable advice for useful and constructive recommendations and text revision.

References

- Brasier, C.M. (1991). *Ophiostoma novo-ulmi* sp. nov., causative agent of the current Dutch elm disease pandemics. *Mycopathologia*, 115, 151-161. <https://doi.org/10.1007/BF00462219>
- Buiteveld, J., Van Der Werf, B., & Hiemstra, J. (2015). Comparison of commercial elm cultivars and promising unreleased Dutch clones for resistance to *Ophiostoma novo-ulmi*. *iForest*, 8, 158-164. <https://doi.org/10.3832/for1209-008>
- Christopher, A., Copeland, Richard W., Harper, Nicholas J., Brazee & Forrest J. Bowlick (2023): A review of Dutch elm disease and new prospects for *Ulmus americana* in the urban environment, *Arboricultural Journal*, 45(1), 3-29. <https://doi.org/10.1080/03071375.2022.2082177>
- Collin, E., & Bozzano, M. (2015). Implementing the dynamic conservation of elm genetic resources in Europe: case studies and perspectives. *iForest – Biogeosciences and Forestry*, 8, 143-148. <https://doi.org/10.3832/for1206-008>
- Hammer, O., Harper, D.A.T., & Ryan, P.D. (2001). PAST: paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4, 1-9. http://doi.org/palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm
- Heybroek, H.M. (2015) The elm, tree of milk and wine. *iForest – Biogeosciences and Forestry*, 8, 181-186. <http://doi.org/10.3832/for1244-007>
- Jürisoo, L., Adamson, K., Padari, A., & Drenkhan, R. (2019). Health of elms and Dutch elm disease in Estonia. *European Journal of Plant Pathology*, 154(7), 1-19. <https://doi.org/10.1007/s10658-019-01707-0>
- Linnakoski, R., Kasanen, R., Dounavi, A., & Forbes, K. (2019). Forest health under climate change: effects on tree resilience, and pest and pathogen dynamics. *Frontiers in plant science*, 10, 1157. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01157>
- Matuszkiewicz, J.M. (2015). *Rola wiązów w zespołach roślinnych Polski: Wiązy* (ed. by W. Bugała, A. Boratyński & G. Iszkuło). Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań, Poland, s. 181-223 [Matuszkiewicz, J.M. (2015). The role of elms in plant communities in Poland: Elms (ed. by W. Bugała, A. Boratyński & G. Iszkuło). Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań, Poland, pp. 181-223] (in Polish)
- Menkis, A., Östbrant, I.L., Wågström, K., & Vasaitis, R. (2016). Dutch elm disease on the island of Gotland: monitoring disease vector and combat measures. *Scandinavian Journal of Forest Research* 31, 237-241. doi: 10.1080/02827581.2015.1076888
- Meshkova, V.L., & Borysova, V.L. (2019) Age structure of European ash (*Fraxinus excelsior* L.) forests in the Left-bank Forest Steppe of Ukraine. *Forestry & Forest melioration*, 135, 163-173. <https://doi.org/10.33220/1026-3365.135.2019.163>
- Meshkova, V.L., & Koshelyaeva, Ya.V. (2019). Age structure of the birch stands in the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Forestry & Forest Melioration*, 134, 124-131. <https://doi.org/10.33220/1026-3365.134.2019.124>
- Meshkova, V.L., Kuznetsova, O.A., & Khimenko, N.L. (2021). Occurrence of *Ulmus* L. in the different forest site conditions of eastern Ukraine. *Forestry & Forest melioration*, 140, 3-11. <https://doi.org/10.33220/1026-3365.140.2022.3>
- Napierała-Filipiak, A., Filipiak, M., Łakomy, P., Kuźmiński, R., & Gubański, J. (2016). Changes in elm (*Ulmus*) populations of mid-western Poland during the past 35 years. *Dendrobiology*, 76, 145-156. <https://doi.org/10.12657/denbio.076.014>
- Santini, A., & Faccoli, M. (2015). Dutch elm disease and elm bark beetles: a century of association. *iForest – Biogeosciences and Forestry*, 8, 126-134. <https://doi.org/10.3832/for1231-008>
- Thomas, P.A., Stone, D., & La Porta, N. (2018). Biological flora of the British isles: *Ulmus glabra*. *Journal of Ecology*, 106(4), 1724-1766. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12994>
- Venturas, M., Fuentes-Utrilla, P., López, R., Perea, R., Fernández, V., Gascó, A., ... Gil, L. (2015) *Ulmus laevis* in the Iberian Peninsula: a review of its ecology and conservation. *iForest – Biogeosciences and Forestry*, 8, 135-142. <https://doi.org/10.3832/for1201-008>
- Атраментова, Л. А., Утевская, О. М. (2008). *Статистические методы в биологии*. Горловка: Ліхтар [Atramentova, L.A., & Utevskaia, O.M. (2008). *Statistical methods in biology*. Gorlovka: Likhtar] (in Russian)
- Генсірук, С. А. (2002) *Ліси України*. Львів: Видво Наук. тов. ім. Шевченка [Gensiruk, S.A. (2002). *Forests of Ukraine*. Lviv: scientific society named after Shevchenko] (In Ukrainian)
- Загальна характеристика лісів України [General characteristics of forests of Ukraine] Retrieved from <https://forest.gov.ua/napryamki-diialnosti/lisiukrayini/zagalna-harakteristika-lisiv-ukrayini> (Accessed 12.04.23) (in Ukrainian)
- Захарчук, О. І. (2014). Рід в'яз (*Ulmus* L.): поширення в лісовому фонді України, стан та проблеми його збереження. *Наукові доповіді НУБІП*

- України, 2(44) [Zakharchuk, O.I. (2014). *Ulmus* L.: distribution in the forest fund of Ukraine, condition and problems of its preservation. *Science reports of NUBIP Ukraine*, 2(44). Retrieved from http://nd.nubip.edu.ua/2014_2/14.pdf] (In Ukrainian)
- Мешкова, В.Л., Діденко, М.М. (2017). Вікова структура та збереженість природних дубових деревостанів Лівобережного Лісостепу. *Вісник ХНАУ ім. В.В. Докучаєва. Серія «Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство, екологія ґрунтів»*, 1, 155-164 [Meshkova, V.L., & Didenko, M.M. (2017). Age structure and survival of natural oak stands in the Left-bank forest-steppe. *The Bulletin of Kharkiv National Agrarian University. Series «Soil Science, Agrochemistry, Agriculture, Forestry, Soil Ecology»*, 1, 155-164. Retrieved from http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vkhnau_grunt_2017_1_21] (in Ukrainian)
- Пузріна, Н.В., Явний, М.І. (2020). В'язові насадження Київського Полісся України: лісівничий і санітарний стан. Київ: НУБіП України [Puzrina, N.V., & Yavny, M.I. (2020). *Elm stands of the Kyiv Polissia of Ukraine: silvicultural and health condition*. Kyiv: NUBiP of Ukraine] (In Ukrainian)
- Скольський, І.М. (2009). Голландська хвороба в'язових: поширення, етапи розвитку, перспективи та передумови затухання. *Науковий вісник НЛТУ України*, 19(1), 33-37 [Skolsky, I.M. (2009). Dutch elm disease: distribution, stages of development, prospects and prerequisites for collapse. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 19(1), 33-37. Retrieved from https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2009/19_1/index.htm] (in Ukrainian)
- Скольський, І.М. (2013). Фізичні властивості деревини в'яза шорсткого в умовах Західного Лісостепу України. *Науковий вісник НЛТУ України*, 23(15), 33-40 [Skolskyi, I.M. (2013). Physical properties of *Ulmus glabra* wood in the conditions of the Western Forest Steppe of Ukraine. *Scientific Bulletin of the National Technical University of Ukraine*, 23(15), 33-40] (in Ukrainian)
- Товстуха, О.В. (2012). Вікова структура соснових лісів ДП «Шосткинське ЛГ». *Лісівництво і агролісомеліорація*, 120, 23-30 [Tovstukha, O.V. (2012). Age structure of pine forests of the Shostkinske Forest Enterprise. *Forestry & Forst melioration*, 120, 23-30. Retrieved from <https://journals.indexcopernicus.com/api/file/viewByFileId/146380.pdf>] (in Ukrainian)
- Шевченко, С.В. (1986). Особенности развития голландской болезни ильма на западе Украинской ССР. *Материалы XXXVI науч.-тех. конференции: лесохозяйственная секция*. Львов: Львовский лесотехнический институт, 17-22 [Shevchenko, S.V. (1986). Features of the development of Dutch elm disease in the west of the Ukrainian SSR. *Materials XXXVI scientific-technical conference: forestry section*. Lviv: Lviv Forestry Institute, 17-22] (in Russian)
- Шевченко, С.В. (1987). Снижение вредности голландской болезни ильмовых на западе Украинской ССР. *Организация лесохозяйственного производ-*
- ства, охрана и защита леса: экспресс информация*, 3, 13-15 [Shevchenko, S.V. (1987). Decrease the harmfulness of Dutch Elm Disease in the west of the Ukrainian SSR. *Organization of forestry production, and forest protection: express information*, 3, 13-15] (in Russian)

Вікова структура насаджень *Ulmus* L. у східних регіонах України

В.Л. Мешкова¹, Т.С. Пивовар², О.Ю. Кузнецова³

Метою досліджень було визначити особливості вікової структури природних і штучних насаджень *Ulmus* L. залежно від виду й походження деревних видів та від регіону. Співвідношення площі насаджень природних і штучних насаджень кожного виду в'язів за 10-річними класами віку оцінювали у лісовому фонді Донецького, Харківського та Сумського обласних управлінь лісового та мисливського господарства.

За переліком виділів, де основними лісоутворювачами є окремі види в'язів, розраховували статистичні показники розподілу насаджень за віком (середній, мінімальний, максимальний вік і стандартне відхилення). Це дало змогу статистично оцінити відмінності видового складу насаджень із різними головними лісотвірними породами роду *Ulmus*.

Розраховано площу насаджень кожного виду в'язів за 10-річними класами віку та її розподіл. Під часу аналізу враховано також роки створення насаджень.

Частку площі насаджень, що збереглися до певного віку, визначали з урахуванням відпаду дерев в окремих класах віку.

У лісовому фонді Донецького та Харківського ОУЛМГ представлені чотири лісотвірні види в'язів (*U. minor*, *U. laevis*, *U. glabra*, та *U. pumila*), а в

¹ Мешкова 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. Пушкінська, 86, Харків, 61024, Україна. Тел.: +38-097-371-94-58. E-mail: Valentynameshkova@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6483-2736>

² Пивовар Тетяна Сергіївна – член-кореспондент Лісівничої академії наук України, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник. Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г.М. Висоцького, вул. Пушкінська, 86, Харків, 61024, Україна. Тел.: +38-097-358-97-49. E-mail: pyvovartatiana@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7250-8549>

³ Кузнецова Олена Анатоліївна – аспірантка. Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г.М. Висоцького, вул. Пушкінська, 86, Харків, 61024, Україна. Тел.: +38-050-174-89-09. E-mail: urbanscapeke@gmail.com

лісовому фонді Сумського ОУЛМГ – лише три види: *U. minor*, *U. laevis* та *U. glabra*. Максимальний вік насаджень за участю *U. minor* становить 120, 117 і 91, *U. glabra* – 73, 56 і 20 років у лісовому фонді Донецького, Харківського та Сумського ОУЛМГ відповідно. Середній вік *U. minor* (64, 51 і 49 р.) та *U. glabra* (54, 37 і 20 р.) також має тенденцію до зниження у напрямі Донецьке–Харківське–Сумське ОУЛМГ.

Частка площі насаджень за участю *U. laevis*, як лісотвірного виду, є більшою у лісових культурах, ніж у насадженнях природного походження. Водночас, у природних насадженнях ця частка також збільшується у напрямі Донецьке–Харківське–Сумське ОУЛМГ (34, 38 і 45 %). Як лісотвірний деревний вид *U. glabra* трапляється переважно у насадженнях природного походження, а *U. pumila* – зазвичай у лісових культурах Донецького ОУЛМГ.

Площа насаджень *U. minor*, створених штучно чи сформованих природно, у лісовому фонді Донецького ОУЛМГ зменшилася після 1950-их, у лісово-

му фонді Харківського ОУЛМГ – після 1960-их років. У лісовому фонді Сумського ОУЛМГ таке зменшення площі насаджень за участю *U. minor* після 1960-их років відбулося в лісових культурах. Площа насаджень за участю *U. glabra*, створених штучно чи сформованих природно, також зменшилася після 1960-их років. Вірогідно, причиною всихання в'язів у східній частині України стала голландська хвороба, яка поширилася у лісостанах Європи саме в 1960-их роках.

Частка площі насаджень, що збереглася до певного віку, залежала від виду в'яза, регіону та походження деревостану. Водночас для уточнення кількісних показників збереження насаджень за участю *Ulmus* L. необхідно брати до уваги також тип лісостану, умов, частку в'язів у складі насаджень та деякі інші особливості, які є предметом наступних досліджень.

Ключові слова: *Ulmus minor* Mill.; *Ulmus laevis* Pall.; *Ulmus pumila* L.; *Ulmus glabra* Huds.; лісові культури; насадження природного походження; голландська хвороба в'язів; виживання.



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

<http://fasu.nltu.edu.ua>
<https://doi.org/10.15421/412303>

Article received 2023.06.18
Article accepted 2023.11.23

ISSN 1991-606X print
ISSN 2616-5015 online

@ ✉ Correspondence author

Pavlo Vandzhurak
pavlov.76@ukr.net

103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine

УДК 630*228

Лісостани Покутських Карпат: поширення та лісівничо-таксаційна характеристика

П. І. Ванджурак¹, Ю. М. Дебринюк², В. М. Савчин³

Покутські Карпати характеризуються поєднанням низькогірної частини (до 800 м н.р.м.), вкритої буковими лісами з терасово-долинними положеннями та середньогірної – з мішаними хвойно-широколистяними лісами, де гірські хребти сягають висоти від 900 до 1500 м н.р.м.

Вкрита лісовою рослинністю площа низькогірної частини Покутських Карпат становить 22651,4 га, середньогірної – 19678,0 га. На території регіону виявлено 25 деревних видів, серед яких переважаючими є три – ялина європейська, бук лісовий та ялиця біла. Вони нагромаджують найбільші запаси стовбурової деревини – 12569,4 тис. м³, що становить 97% від загального запасу деревини у регіоні. Порівняно з низькогір'ям, у середньогірній частині помітно біднішим є видовий склад деревних рослин – лише 16 видів. Незважаючи на меншу площу середньогірних лісів, вони є продуктивнішими, ніж низькогірні.

Вікова структура лісостанів є розбалансованою. Найбільшу площу (66,0%) займають середньовікові насадження, значно меншу – пристиглі і стиглі (12,0 та 11,9%). Незначну частку площі займають перестійні насадження (1,6%) та молодняки I і II класів віку (3,1 та 5,4%).

Насадження регіону загалом є високобонітетними. Насадження I і вище класів бонітету займають 62,8, II бонітету – 29,6, III бонітету – 5,8%. Насадження IV і нижче класів бонітету виявлені лише на 4,8% площі.

Насадження переважно середньоповнотні, займають площу 22351,2 га або 56,4%. Низькоповнотні деревостани займають площу 15305,2 або 38,6%, рідколісся – 1218,7 га або 3,1%. Слабо представлені високоповнотні деревостани (772 га або 1,9%).

На території регіону зафіксовано 44 типи лісу, з яких шість суборових, 22 сугрудових та 16 грудових. Серед типів лісорослинних умов найбільшу частку (84%) займають сугруди, 12% – груди, 4% – субори.

Найрозповсюдженішою є смерекова група типів лісу, яка займає 45,8% загальної площі вкритих лісовою рослинністю земель Покутських Карпат. Букова група типів лісу займає децю меншу частку (37,5%). Ялицева група типів лісу посідає невелику частку площі (13,4%), основна частина якої зосереджена в сугрудах.

Ключові слова: групи типів лісу; ялина європейська; бук лісовий; ялиця біла; низькогірна і середньогірна частини; бонітет; повнота; запас деревостану.

¹ Ванджурак Павло Іванович – аспірант. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-097-458-62-39. E-mail: pavlov.76@nltu.edu.ua ORCID: <http://orcid.org/0009-0007-5466-5824>

² Дебринюк Юрій Михайлович – академік Лісівничої академії наук України, академік-секретар ЛАН України, доктор сільськогосподарських наук, професор кафедри лісових культур і лісової селекції. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: 032-235-30-12, +38-067-195-78-36. E-mail: debrynuk_ju@ukr.net ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0994-349X>

³ Савчин Володимир Миколайович – головний технолог ВО «Укрдержліспроект», вул. Чайковського, 17, м. Львів, 79005. Тел.: +38-097-011-40-47. E-mail: svm_25@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-2476-6258>

Вступ (Introduction). Покутські Карпати розташовані у північно-східній частині північно-східного мегасхилу Українських Карпат і займають площу 659,7 км², що становить близько 3% загальної території Карпат в Україні (Гостюк, Мельник, 2017b). За даними цих же авторів, площа лісів Покутських Карпат становить 39,1 тис. га.

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). Інші автори (Воропай, Куниця, 1966) територію Покутсько-Буковинських Карпат відносили до середньогір'я.

К.І. Геренчук (1968) у межах Покутських Карпат виділив два ландшафти – низькогірний Прутський (між р. Лючка і Черемош) і середньогірний Космацький (між Покутським і Ворохтянсько-Кривопільським середньогір'ям).

З.В. Гостюк, А.В. Мельник (2017a) на території Покуття виділили два райони: І – район середньогірних Покутсько-Буковинських Карпат з дев'ятьма ландшафтами; ІІ – район низькогірних Покутсько-Буковинських Карпат з 11-ма ландшафтами.

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. Смугу 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 місцезональними висотою 900-1500 м н.р.м. (г. Ротило – 1483 м). Середньогірні хребти вкриті ялицево-смерековими та смерековими лісами. Останні приурочені до прохолодної термічної зони. Переважаючими тут є середньо-опідзолені буроземи, а на найвищих хребтах сформувалися гірсько-підзолисті ґрунти.

У попередній роботі (Ванджурак, Дебринюк, 2022) наведено перелік організацій-користувачів лісового фонду з відповідними площами лісів, який було здійснено у фізико-географічних межах Покутських Карпат, встановлених З.В. Гостюк, А.В. Мельником (2017b). Однак, з погляду раціонального ведення лісового господарства, деяке корегування площі відбулись у контурах окремих лісових масивів з погляду подібності типів лісорослинних умов, типів лісу, складу лісових насаджень, що певною мірою розширило лісогосподарські межі регіону. Це, своєю чергою, вплинуло на деяке збільшення площі досліджуваного регіону. Так, встановлена нами площа вкритих лісовою рослинністю земель Покутських Карпат складає 42,3 тис. га (за З.В. Гостюк, А.В. Мельником, 2017b – 39,1 тис. га в межах виділеної ними фізико-географічної одиниці), а загальна площа земель лісогосподарського призначення – 44,7 тис. га.

Об'єкт досліджень – поширення лісостанів Покутських Карпат та їхні лісівничо-таксаційні характеристики. **Предмет досліджень** – розподіл лісостанів регіону за лісокористувачами, категоріями земель, основними лісівничо-таксаційними показниками.

Мета роботи – встановити площу лісостанів Покутських Карпат в межах низькогірної та середньогірної частин, визначити запаси деревини, здійснити розподіл насаджень за бонітетом, повнотою, типами лісу та категоріями земель.

Методичні підходи (Methodical approaches). Встановлення місця Покутських Карпат у системі лісогосподарського районування Українських Карпат здійснено шляхом аналізу існуючих схем геоботанічного (Білик та ін., 1977), лісорослинного (Горшенин, Шевченко, 1954) та лісогосподарського (Генсирук и др., 1981) районувань з урахуванням меж фізико-географічного (Рыбин, Цись, 1968; Гостюк, Мельник, 2017b) та ландшафтного (Гостюк, Мельник, 2017a; Гостюк, 2018) районувань досліджуваного регіону.

Межі Покутських Карпат за базовими факторами, як основи лісогосподарювання – *типами лісорослинних умов, типами лісу і складом деревної рослинності* уточнювали шляхом використання методу накладення (Іваненко, 1977). Останній передбачає співставлення («накладання») меж фізико-географічного, геоботанічного, лісорослинного, лісогосподарського районувань з урахуванням дій кліматичних чинників. Ці аспекти враховано у кожному конкретному випадку, у зв'язку з чим межі Покутських Карпат, як окремого природно-лісогосподарського регіону, на основі подібності типів лісорослинних умов, типів лісу і складу деревної рослинності дещо відрізняються від меж його фізико-географічного (Мельник, 1999; Гостюк, Мельник, 2017b) районування.

Для уточнення меж Покутських Карпат, як *природно-лісогосподарського регіону*, використовували топографічні карти (1 : 25 000) з горизонталлями, проведеними через 20 м. Також використовували карти-схеми категорій лісів лісогосподарських підприємств, які здійснюють свою діяльність на території Покутських Карпат.

Результати досліджень (Research results). Рослинний покрив Покутських Карпат нами розглянуто як елемент фізико-географічного комплексу, що виключає можливість відриву складу рослинності від умов зовнішнього середовища і забезпечує розгляд цих двох елементів у тісному взаємозв'язку.

Лісове господарювання на території Покуття здійснюють шість лісокористувачів (табл. 1). Зокрема, лісовий фонд Косівського РП «Райагроліс» займає найбільшу територію Покутських Карпат і представлений лісостанами п'яти лісництв із площею вкритих лісовою рослинністю земель 12998,5 га. Дещо меншу площу займає лісовий фонд філії «Кутське ЛГ», представлений лісостанами п'яти лісництв із вкритою лісовою рослинністю площею 10084,3 га.

До складу Покутських Карпат також віднесе-
но частину території НПП «Гуцульщина» із вкри-
тою лісовою рослинністю площею 6474,4 га. Так,
лісовий фонд Шешорського і Косівського ПНДВ
до складу регіону входить повністю, а лісовий фонд
Старокутського ПНДВ – лише частково.

Подібну площу (5266,7 га) на території Покут-
тя займають лісові масиви Верховинського район-
ного лісгоспу, представленого трьома лісництвами,
з яких лісостани Верхньосенівського л-ва входять
до складу регіону повністю, а Верховинського та
Довгопільського – лише частково.

Таблиця 1. Розподіл вкритих лісовою рослинністю земель в межах низькогірної та середньогірної частин Покутських Карпат за лісочористувачами

Table 1. Distribution among forest users of forested areas within the low-mountain and mid-mountain parts of the Pokuttia Carpathians

№ 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
Косівське РП «Райагроліс»				
1.	Кобаківське л-во	кв. 22, 26, 27, 29-35	1182,2	–
2.	Нижньоберезівське л-во	кв. 4, 7, 8, 11, 12, 15, 19-23, 26, 28-34	1822,7	–
3.	Шепітське л-во	усі квартали	–	2682,3
4.	Яворівське л-во	усі квартали	3567,7	Невелика площа лісостанів розташована в районі хребта Сокільський, де висоти сягають понад 800 м н.р.м.
5.	Роженське л-во	усі квартали	3743,6	–
Разом			10316,2	2682,3
Філія «Кутське ЛГ» ДП «Ліси України»				
6.	Кутське л-во	усі квартали	2038,4	–
7.	Косівське л-во	кв. 20-22, 23-26	591,4	–
8.	Яблунівське л-во	усі квартали, окрім кв. 1-6, 32-34	2360,3	–
9.	Березівське л-во	кв. 25-31	870,7	–
10.	Космацьке л-во	усі квартали	Невелика частина насаджень займають висоти менше 800 м н.р.м.	4223,5
Разом			5860,8	4223,5
НПП «Гуцульщина»				
11.	Старокутське ПНДВ	кв. 1-9, 24, 25	877,0	–
12.	Косівське ПНДВ	усі квартали	1637,7	–
13.	Шешорське ПНДВ	усі квартали	3959,7	Частина насаджень в районі хребта Брусний розташовані на висоті більше 800 м н.р.м.
Разом			6474,4	–
Верховинський районний лісгосп				
14.	Верховинське л-во	кв. 4-6, 12, 13, 15, 16, 21-28	–	1606,1
15.	Верхньосенівське л-во	усі квартали	–	2966,8
16.	Довгопільське л-во	кв. 2-6, 14, 16	–	693,8
Разом			–	5266,7

Продовж. табл. 1
Continuation of Table 1

1	2	3	4	5
Філія «Верховинське ЛГ» ДП «Ліси України»				
17. Верховинське л-во	усі квартали, окрім кв. 20-26	–		4089,6
18. Красницьке л-во	кв. 1-10	–		908,5
Разом		–		4998,1
Філія «Гринявське ЛГ» ДП «Ліси України»				
19. Устеріцьке л-во	усі квартали	–		2507,4
Разом		–		2507,4
Всього		22651,4		19678,0

Лісовий фонд філії «Верховинське ЛГ» представлений на території Покутських Карпат двома лісництвами із вкритою лісовою рослинністю площею 4998,1 га, а філії «Гринявське ЛГ» – лише Устеріцьким лісництвом (2507,4 га), лісовий фонд якого повністю віднесено до регіону Покутських Карпат. Загалом вкрита лісовою рослинністю площа досліджуваного регіону становить 42329,4 га.

Лісостани Покутських Карпат мають переважно природне походження. Площа штучних насаджень в межах лісгосподарських одиниць становить в середньому 20,5%, однак змінюється в значних межах (від 65 до 1697 га) і залежить, насамперед, від площі лісового фонду, інтенсивності проходження природних лісовідновних процесів та економічних можливостей підприємства.

Частина не вкритих лісовою рослинністю ділянок складає лише 4,8% і також змінюється в значних межах – від 11 до 370 га. Не вкриті лісовою рослинністю землі представлені переважно свіжими зрубам та незімкнутими лісовими культурами.

Наводячи лісівничо-таксаційну характеристику лісових насаджень Покутських Карпат, необхідно брати до уваги неоднорідність рельєфу регіону, у зв'язку з чим на його території і було виділено дві частини – низькогірну та середньогірну. Низькогірна частина Покуття характеризується висотами до 800 м н.р.м. і вкрита переважно буковими, ялицево-буковими, рідко – буково-ялицевими лісами. У середньогірній частині Покутських Карпат (понад 800 і до 1500 м н.р.м.) переважають буково-ялицево-смерекові, ялицево-смерекові та чисті смерекові лісостани.

Так, до низькогірної частини Покутських Карпат повністю віднесено лісовий фонд Кутського, Яворівського та Роженського лісництв, Косівського та Шешорського ПНДВ, а також різні за площею частини лісового фонду Старокутського ПНДВ, Кобаківського, Косівського, Яблунівського, Нижньоберезівського та Березівського лісництв. Вкрита лісовою рослинністю площа низькогірної частини Покутських Карпат становить 22651,4 га.

До середньогірної частини повністю віднесено лісовий фонд Космацького, Шепітського, Верхньо-ясенівського, Устеріцького лісництв, а також різні

за площею частини лісового фонду Верховинського, Красницького і Довгопільського лісництв. Вкрита лісовою рослинністю площа середньогірної частини Покутських Карпат становить 19678,0 га. Таким чином, у низькогірній частині регіону зосереджена дещо більша площа лісових насаджень (на 2973,4 га або на 7,0%), ніж у високогірній.

Потрібно зауважити, що лісовий фонд окремих лісництв (напр., Яворівського, Космацького) може одночасно відноситися як до низькогірної, так і до середньогірної частин регіону. Проте навіть і в такому випадку одна із частин є суттєво переважаючою, що й було підставою до віднесення всієї площі лісового фонду лісгосподарської одиниці до низькогірної чи середньогірної частини досліджуваного регіону.

У лісових насадженнях Покутських Карпат виявлено 25 деревних видів, серед яких переважаючими є три – ялина європейська, бук лісовий та ялиця біла. Вони нагромаджують найбільші запаси стовбурової деревини – 12569,4 тис. м³, що становить 97% від загального запасу деревини у регіоні.

Нижче наводимо площі та запаси деревини окремо за деревними видами у розрізі низькогірної та середньогірної частин Покутських Карпат (табл. 2). Отже, у низькогірній частині Покутських Карпат вкрита лісовою рослинністю площа становить 22651,4 га, а запас стовбурової деревини – 6823,19 тис. м³. Найбільшу площу (13,7 тис. га або 60,6%) та найвищі запаси деревини (4231,3 тис. м³ або 62,0%) формують букові лісостани. Менші площі та нижчі запаси деревини притаманні ялиновим (5,2 тис. га або 23,1% та 1636,4 тис. м³ або 24,0%) та ялицевим (2,2 тис. га або 9,6% та 689,7 тис. м³ або 10,1%) деревостанам. Невелику частку (в межах 1,4-1,6%) як за площею, так і за запасом займають насадження з перевагою дуба звичайного, вільхи сірої та граба звичайного. Частка інших деревних видів у складі лісових насаджень Покутських Карпат є незначною.

Спорадично на території Покутських Карпат трапляються насадження за перевагою в їх складі інтродукованих видів – дуба червоного, робінії звичайної, псевдотсуги Мензіса, сосни чорної, сосни Веймутова.

Таблиця 2. Розподіл деревних видів за площами та запасами стовбурової деревини у низькогірній частині Покутських Карпат
Table 2. Distribution of tree species by area and stock of stemwood in the low-mountain part of the Pokuttia Carpathians

Деревний вид	Лісгосподарські одиниці											
	Кобаківське л-во	Нижньо- березівське л-во	Яворівське л-во	Роженське л-во	Кутське л-во	Косівське л-во	Яблунівське л-во	Березівське л-во	Старокутське ПНДВ	Косівське ПНДВ	Шешорське ПНДВ	Всього
Бук лісовий	676,8; 198,7	742,2; 151,48	1058,3; 302,17	2480,9; 459,11	1315,2; 441,14	434,1; 142,4	1565,2; 487,24	757,3; 222,54	670,9; 276,34	851,5; 349,41	3173,5; 1200,73	13725,9 4231,26
Ялина європейська	247,3; 81,78	731,4; 175,99	1829,9; 581,42	673,8; 126,20	603,6; 225,38	130,2; 41,31	122,6; 23,56	75,7; 24,78	115,6; 53,06	203,6; 86,04	503,3; 216,89	5237,2; 1636,41
Ялиця біла	5,2; 1,88	8,3; 2,09	575,3; 197,33	379,0; 83,43	70,5; 24,35	14,0; 2,91	395,7; 54,48	2,7; 0,07	–	513,9; 239,19	218,0; 83,95	2182,6; 689,68
Дуб звичайний	76,5; 14,95	34,5; 5,95	–	2,8; 0,27	5,4; 1,36	–	204,2; 36,33	–	4,8; 1,21	17,4; 6,62	10,1; 1,85	355,7; 68,54
Вільха сіра	46,4; 6,18	143,2; 16,79	20,7; 2,65	96,4; 8,99	1,1; 0,14	–	3,9; 0,51	1,5; 0,21	1,9; 0,28	0,3; 0,03	29,0; 4,01	344,4; 39,79
Граб звичайний	73,5; 11,39	87,8; 14,83	2,2; 3,98	54,1; 5,06	7,7; 1,66	1,2; 0,09	26,8; 3,49	11,5; 2,05	25,9; 5,36	12,8; 3,52	9,6; 1,89	332,9; 53,32
Береза повисла	28,5; 5,16	31,5; 4,3	51,1; 7,13	49,9; 7,76	11,3; 2,31	0,2; 0,02	1,1; 0,06	3,9; 0,72	6,7; 1,76	–	8,7; 1,51	192,9; 30,73
Сосна звичайна	4,1; 0,89	26,1; 6,14	5,9; 1,09	–	3,2; 0,86	8,4; 3,1	15,4; 5,41	15,2; 4,79	43,9; 17,04	4,1; 1,46	5,3; 1,82	131,6; 41,6
Дуб червоний	8,6; 1,33	–	–	–	6,3; 1,54	–	4,3; 0,75	–	–	10,7; 3,96	0,3; 0,05	30,2; 7,63
Клен-явір	2,1; 0,42	–	4,0; 0,55	–	4,8; 0,77	–	8,1; 1,67	0,2; 0,01	1,4; 0,41	3,5; 0,79	0,4; 0,11	24,5; 4,73
Модрина європейська	1,3; 0,41	–	–	–	0,3; –	3,3; 0,84	5,8; 1,6	1,4; 0,02	1,9; 0,57	9,0; 2,31	–	23,0; 5,75
Вільха чорна	3,6; 0,49	10,3; 1,51	–	–	–	–	–	–	0,5; 0,13	1,2; 0,3	0,4; 0,09	16,0; 2,52
Робінія звичайна	3,4; 0,47	4,0; 0,47	–	5,7; 0,48	–	–	–	–	–	–	–	13,1; 1,42
Осика	4,3; 0,91	2,5; 0,43	–	–	–	–	–	–	3,5; 0,79	–	1,1; 0,13	11,4; 2,26
Дуб скельний	–	–	–	–	9,0; 1,84	–	–	–	–	–	–	9,0; 1,84
Ясен звичайний	–	0,9; 0,17	0,5; 0,10	–	–	–	2,5; 0,43	–	–	3,1; 1,18	–	7,0; 1,88
Псевдотсуга Мензіса	–	–	–	1,0; 0,22	–	–	–	–	–	5,2; 2,43	–	6,2; 2,65
Клен гостро-листяний	–	–	–	–	–	–	2,0; 0,48	–	–	–	–	2,0; 0,48
Черешня	–	–	–	–	–	–	2,0; 0,18	–	–	–	–	2,0; 0,18
Вербка біла	–	–	–	–	–	–	0,5; 0,07	–	–	1,4; 0,03	–	1,9; 0,10
Сосна чорна	–	–	–	–	–	–	–	1,3; 0,35	–	–	–	1,3; 0,35
Яблуня лісова	0,4; 0,02	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,4; 0,02
Сосна Веймутова	–	–	–	–	–	–	0,2; 0,05	–	–	–	–	0,2; 0,05

Примітка. У чисельнику – площа (га), у знаменнику – запас стовбурової деревини (тис. м³)

Розподіл деревних видів за площами та запасами стовбурової деревини середньогірної частини Покутських Карпат дещо відрізняється від такої у низькогір'ї (табл. 3). Площа вкритих лісовою рослинністю земель (без урахування площі Шипітського л-ва в 2682,3 га) становить 16995,7 га, на якій нагромаджено 6108,65 тис. м³ стовбурової деревини. Більше 99% лісового фонду середньогірної частини займають лісостани ялини європейської (14286,3 га або 84,1%), бука лісового (1457,6 га або 8,6%), ялиці білої (720,3 га або 4,2%), вільхи сірої (326,1 га або 1,9%) та берези повислої (114 га або 0,7%). Насадження з перевагою

в складі інших 11-ти деревних видів трапляються спорадично. Порівняно з низькогір'ям, у середньогірній частині помітно біднішим є видовий склад деревних рослин – лише 16 видів. У цій частині Покуття відсутні також насадження за участю інтродукованих видів.

Незважаючи на значно меншу площу середньогірних лісів, вони є помітно продуктивнішими, ніж у низькогірній частині. Якщо запас деревини у низькогір'ї Покуття становить 6823,2 тис. м³, то у середньогір'ї він лише на 10,5% менший. Тобто, умовний запас деревини на 1 га у середньогір'ї становить 359 м³, тоді як низькогір'ї – лише 301 м³.

Таблиця 3. Розподіл деревних видів за площами та запасами стовбурової деревини у середньогірній частині Покутських Карпат
Table 3. Distribution of tree species by area and stock of stemwood in the mid- mountain part of the Pokuttia Carpathians

Деревний вид	Лісогосподарські одиниці							Всього
	Космацьке л-во	Верховинське л-во (РП)	Верхньосяні-вське л-во	Довгопільське л-во	Верховинське л-во (філія)	Красницьке л-во	Устеріцьке л-во	
Ялина європейська	2691,1; 1032,04	1487,4; 589,76	2603,5; 1017,29	589,6; 221,85	4027,7; 1573,52	905,3; 427,11	1981,7; 506,61	14286,3 5368,18
Бук лісовий	996,1; 318,62	10,4; 3,17	103,6; 33,03	37,8; 11,24	28,1; 9,65	2,4; 0,65	279,2; 73,66	1457,6; 450,02;
Ялиця біла	439,1; 130,14	12,1; 4,34	52,3; 25,14	12,8; 4,6	30,8; 1,45	–	173,2; 28,18	720,3; 193,85
Вільха сіра	48,1; 9,72	67,9; 10,84	157,8; 27,41	40,6; 6,76	–	–	11,7; 1,13	326,1; 55,86
Береза повисла	33,5; 3,02	14,5; 3,63	18,3; 3,53	–	–	–	47,7; 9,05	114,0; 19,23
Клен-явір	–	12,6; 3,01	15,0; 4,35	–	–	–	3,2; 0,47	30,8; 7,83
Граб звичайний	3,6; 1,30	–	6,9; 1,77	–	–	–	3,2; 0,57	13,7; 3,64
Вільха чорна	0,8; 0,02	–	1,6; 0,25	13,0; 3,60	–	–	–	15,4; 3,87
Сосна звичайна	6,4; 2,07	1,2; 0,45	0,9; 0,40	–	–	0,8; 0,22	1,9; 0,36	11,2; 3,50
Модрина європейська	2,1; 0,48	–	–	–	3,0; 0,05	–	3,6; 0,09	8,7; 0,62
Липа дрібнолиста	–	–	4,7; 1,17	–	–	–	–	4,7; 1,17
Верба біла	–	–	–	–	–	–	2,0; 0,07	2,0; 0,07
Ясен звичайний	0,7; 0,21	–	1,2; 0,32	–	–	–	–	1,9; 0,53
Черешня	1,2; 0,07	–	–	–	–	–	–	1,2; 0,07
Осика	–	–	1,0; 0,20	–	–	–	–	1,0; 0,20
Сосна гірська	0,8; 0,01	–	–	–	–	–	–	0,8; 0,01

Примітка. У чисельнику – площа (га), у знаменнику – запас стовбурової деревини (тис. м³). Під час розрахунку площ лісостанів та запасів стовбурової деревини не враховано дані по Шепітському лісництву з причини їхньої відсутності у розрізі деревних видів.

Вікова структура лісостанів Покутських Карпат є значно розбалансованою (табл. 4). Так, за відносним показником найбільшу площу (66,0%) займають середньовікові насадження. Значно меншу площу посідають пристиглі та стиглі лісостани (12,0 та 11,9%). Незначну частку площі займають перестійні насадження (1,6%), що збереглися в межах заповідних зон, та молодняки I і II класів віку (3,1 та 5,4%). Подібну частку займають лісостани різних вікових груп і за запасом стовбурової деревини. Так, найбільша частка запасу зосереджена у середньовікових деревостанах (68,5%), значно менша – у пристиглих і стиглих (14,0 та 13,1%) і зовсім незначна – у перестійних (1,8%) та молодняках I і II класів віку (0,3 та 2,3%).

Нерівномірна вікова структура лісостанів досліджуваного регіону зумовлена, насамперед, тим чинником, що в 50-60-их роках минулого століття в Карпатському регіоні, в т.ч. і в Покутських Карпатах, були зрубані майже всі стиглі деревостани за винятком важкодоступних місць, де транспортні шляхи (сухопутні, водні) на той час облаштувати не виявилось можливим. Частину зрубів було залишено під природне зарощування, а на іншій частині було створено лісові культури. Саме ці площі на сьогодні і представлені середньовіковими деревостанами ялини, бука та ялиці.

На території Покутських Карпат переважає вибіркова форма господарювання, тому молодняки I і II класів віку займають невеликі площі.

Таблиця 4. Розподіл лісостанів за площею та запасом стовбурової деревини на вкритих лісовою рослинністю землях в межах вікових груп

Table 4. Distribution of forest stands by area and stock of stemwood on the forested lands within age groups

Деревний вид	Вікові групи						Разом
	Молодняки I класу	Молодняки II класу	Середньовікові	Пристиглі	Стиглі	Перестійні	
1	2	3	4	5	6	7	8
Ялина європейська	549,9; 19,78	1137,8; 163,74	10564,1; 3841,52	3392,4; 1404,37	3408,3; 1387,39	470,8; 187,79	19523,3; 7004,59
Бук лісовий	252,4; 5,91	574,0; 79,03	13205,9; 4252,68	652,0; 207,85	446,9; 122,33	52,3; 13,48	15183,5; 4681,28
Ялиця біла	418,0; 11,07	322,7; 44,73	1594,7; 609,47	331,8; 132,69	225,2; 81,07	10,5; 4,50	2902,9; 883,53
Вільха сіра	1,4; 0,03	3,6; 0,12	12,3; 1,19	145,3; 17,08	415,4; 59,38	92,5; 17,85	670,5; 95,65
Дуб звичайний	18,8; 0,80	59,3; 4,49	262,4; 59,38	14,5; 3,76	0,7; 0,11	–	355,7; 68,54
Граб звичайний	–	2,1; 0,05	167,4; 23,68	90,3; 18,31	80,8; 13,72	6,0; 1,20	346,6; 56,96
Береза повисла	–	9,0; 0,57	156,7; 21,65	70,6; 12,99	66,5; 13,65	4,3; 1,10	307,1; 49,96
Сосна звичайна	–	–	95,7; 28,80	36,2; 13,83	10,9; 3,47	–	142,8; 46,10
Клен-явір	0,6; 0,03	13,6; 1,85	38,2; 9,95	2,9; 0,73	–	–	55,3; 12,56
Модрина європейська	8,9; 0,16	–	–	4,1; 1,10	17,9; 4,77	0,8; 0,34	31,7; 6,37
Вільха чорна	–	–	15,4; 2,34	0,6; 0,11	15,4; 3,94	–	31,4; 6,39
Дуб червоний	0,8; 0,05	5,8; 0,84	13,6; 3,07	3,8; 1,16	6,2; 2,51	–	30,2; 7,63
Робінія звичайна	–	–	2,2; 0,15	1,6; 0,11	1,2; 0,10	8,1; 1,06	13,1; 1,42
Осика	–	1,3; 0,09	3,0; 0,46	1,6; 0,36	3,8; 0,82	2,7; 0,73	12,4; 2,46
Дуб скельний	–	–	4,8; 0,97	–	4,2; 0,87	–	9,0; 1,84

Продовж. табл. 4
Continuation of Table 4

1	2	3	4	5	6	7	8
Ясен звичайний	–	–	3,0; 0,76	1,5; 0,32	4,4; 1,33	–	8,9; 2,41
Псевдотсуга Мензіса	–	–	6,2; 2,65	–	–	–	6,2; 2,65
Верба біла	–	–	2,0; 0,07	1,4; 0,03	–	0,5; 0,07	3,9; 0,17
Липа дрібнолиста	–	–	–	4,7; 1,17	–	–	4,7; 1,17
Черешня	–	–	–	–	3,2; 0,25	–	3,2; 0,25
Клен гостролистий	–	–	–	2,0; 0,48	–	–	2,0; 0,48
Сосна чорна	–	–	–	0,3; 0,08	1,0; 0,27	–	1,3; 0,35
Сосна гірська	–	–	0,8; 0,01	–	–	–	0,8; 0,01
Яблуня лісова	–	–	0,4; 0,02	–	–	–	0,4; 0,02
Сосна Веймутова	–	–	0,2; 0,05	–	–	–	0,2; 0,05
Разом	1250,8; 37,83	2129,2; 295,51	26149,0; 8858,87	4757,6; 1816,53	4712,0; 1695,98	648,5; 228,12	39647,1; 12932,84

Примітка. У чисельнику – площа (га), у знаменнику – запас стовбурової деревини (тис. м³). Під час розрахунку площ лісостанів та запасів стовбурової деревини не враховано дані по Шепітському лісництву з причини їхньої відсутності у розрізі деревних видів.

Лісостани Покутських Карпат загалом є високобонітетними. Так, насадження I і вище класів бонітету займають 62,8, II бонітету – 29,6, III бонітету – 5,8%. Насадження IV і нижче класів бонітету у лісовому фонді регіону займають лише 4,8% площі (табл. 5).

Головні лісотвірні породи Покутських Карпат – бук лісовий, ялина європейська, ялиця біла відзначаються найвищими класами бонітету. Незважаючи на значне погіршення біотичної стійкості ялини європейської, насадження за її участю достатньо високобонітетні. Високими бонітетами відзначаються також лісостани м'яколистяних порід – осики та берези.

Аналіз розподілу насаджень за класами бонітету підтверджує наявність високого природно-кліматичного потенціалу лісових площ, що дає змогу запроваджувати перспективні заходи з підвищення рівня фактичної продуктивності лісових ділянок, насамперед, за рахунок введення перспективних швидкорослих деревних видів, створення плантаційних лісових насаджень, регулювання складу лісостанів тощо (Дебринюк, 2017).

Під час розподілу лісостанів за відносними повнотами до високоповнотних відносили насадження з повнотою 0,91-1,0; до середньоповнотних – 0,61-0,90; до низькоповнотних – 0,31-0,60. Насадження з повнотою 0,3 і менше зараховували до рідколісся.

Насадження регіону загалом є середньоповнотними, площа яких переважає (22351,2 га або

56,4%) (табл. 6). Доволі значну площу займають низькоповнотні деревостани (15305,2 або 38,6%). Рідколісся на території регіону посідають відносно невелику площу (1218,7 га або 3,1%). Дуже слабо представлені високоповнотні деревостани (772 га або 1,9%). Найбільшу частку у лісовому фонді Покутських Карпат займають середньоповнотні насадження з повнотою 0,61-0,70 (22,8%) та 0,71-0,80 (22,2%).

Доволі складно виділити деревний вид, насадження якого відзначалися б найвищою повнотою. Поділ насаджень за повнотами для кожного деревного виду загалом подібний до такого для насаджень Покутських Карпат. Насамперед, значна площа низькоповнотних насаджень представлена ялинниками, які втрачають біотичну стійкість внаслідок кліматичних змін. Однак, значні площі низькоповнотних насаджень і навіть – рідколіс характерні для таких доволі стійких видів, як бук лісовий та ялиця біла. Основна причина полягає в інтенсивній лісогосподарській діяльності, за якої значна площа насаджень охоплена прохідними та санітарними рубками. Відчутний вплив антропогенного чинника і зумовив відносно невисоку середню повноту лісових насаджень регіону.

Покутські Карпати, займаючи відносно невелику площу, відзначаються значною різноманітністю типів лісу, що пояснюється, насамперед, значним висотним діапазоном території. Так, у лісовому фонді регіону зафіксовано 44 типи лісу, з яких шість субборових, 22 сугрудових та 16 грудових.

Суборові типи лісу на території Покутських Карпат займають невелику площу (1527,6 га або 3,8%) і найбільшою мірою представлені вологим чистосмерековим субором (табл. 7). Значно менші площі займають свіжий чистобуковий субір (78,2 га), що поширений на північних схилах Покутських гір та свіжий смереково-сосновий субір (79,9 га), який трапляється на схилах південних експозицій на висотах 500-1200 м н.р.м. Інші три типи лісу – вологий зеленовільховий субір, вологий чистобуковий субір та вологий модриново-кедрово-смерековий субір є рідкісними не лише в

Покутських горах, але й в Українських Карпатах загалом, будучи приуроченими до схилів північних експозицій.

Найбільшою різноманітністю відзначаються суґрудові типи лісу, в межах яких виділено п'ять груп типів лісу (див. табл. 7). Найрозповсюдженішою з них є смерекова група, яка включає шість типів лісу і займає площу понад 16484 га. Серед типів лісу найпоширенішими є два – волога буково-ялицева суґмеречина та волога високогірна суґмеречина, які займають, відповідно, 62,7 та 30,4% вкритих лісовою рослинністю земель суґрудових типів лісу.

Таблиця 5. Розподіл насаджень на вкритих лісовою рослинністю землях за класами бонітету, га
Table 5. Distribution of forest stands in the forested areas by site classes, ha

Деревний вид	Класи бонітету										Разом
	I ^c	I ^b	I ^a	I	II	III	IV	V	V ^a	V ^b	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Бук лісовий	13,4	331,9	2387,7	7190,4	4401,5	667,1	156,1	33,0	2,4	–	15183,5
Ялина європейська	16,7	125,6	2281,6	9762,5	5817,6	1104,0	326,9	76,7	11,7	–	19523,3
Ялиця біла	8,0	25,0	327,3	1687,1	722,3	72,8	48,4	11,0	1,0	–	2902,9
Дуб звичайний	–	1,5	49,3	137,3	154,9	9,7	3,0	–	–	–	355,7
Вільха сіра	–	–	1,4	114,9	273,5	244,3	34,5	1,9	–	–	670,5
Граб звичайний	–	–	1,8	25,3	198,7	115,7	5,1	–	–	–	346,6
Береза повисла	14,1	2,1	17,6	127,4	107,2	35,6	3,1	–	–	–	307,1
Сосна звичайна	–	0,8	16,0	90,9	31,1	4,0	–	–	–	–	142,8
Дуб червоний	–	–	13,0	17,2	–	–	–	–	–	–	30,2
Клен-явір	–	2,7	20,9	17,3	13,4	1,0	–	–	–	–	55,3
Модрина європейська	–	5,2	13,0	6,6	6,9	–	–	–	–	–	31,7
Вільха чорна	–	–	–	9,7	6,0	14,9	0,8	–	–	–	31,4
Робінія звичайна	–	–	–	6,4	1,0	5,7	–	–	–	–	13,1
Осика	0,6	0,7	2,5	7,9	0,2	0,5	–	–	–	–	12,4
Дуб скельний	–	–	–	–	–	4,8	4,2	–	–	–	9,0
Ясен звичайний	–	–	5,2	3,7	–	–	–	–	–	–	8,9
Псевдотсуга Мензіса	–	–	–	–	–	5,2	–	1,0	–	–	6,2
Клен гостролистий	–	–	–	–	2,0	–	–	–	–	–	2,0
Черешня	–	–	–	–	2,0	0,9	0,3	–	–	–	3,2
Верба біла	–	–	–	2,0	0,5	–	–	–	1,4	–	3,9
Сосна чорна	–	–	–	–	–	1,3	–	–	–	–	1,3
Яблуня лісова	–	–	–	–	–	0,4	–	–	–	–	0,4

Продовж. табл. 5
Continuation of Table 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Сосна Веймутова	–	–	–	0,2	–	–	–	–	–	–	0,2
Сосна гірська	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,8	0,8
Липа дрібнолиста	–	–	–	–	4,7	–	–	–	–	–	4,7
Разом	52,8	495,5	5137,3	19206,8	11743,5	2287,9	582,4	123,6	16,5	0,8	39647,1

Примітка. Під час розподілу насаджень за класами бонітету не враховано площу Шепітського лісництва (2682,3 га) з причини відсутності її поділу за деревними видами

Таблиця 6. Розподіл насаджень на вкритих лісовою рослинністю землях за відносними повнотами, га
Table 6. Distribution of forest stands in the forested areas according to relative density, ha

Деревний вид	Повноти								Разом
	0,30 і менше	0,31-0,40	0,41-0,50	0,51-0,60	0,61-0,70	0,71-0,80	0,81-0,90	0,91-1,00	
Бук лісовий	510,0	1278,1	2196,1	2651,9	3262,8	3882,9	1295,3	106,4	15183,5
Ялина європейська	546,7	1541,9	2392,8	3024,4	4664,4	4108,7	2782,7	461,7	19523,3
Ялиця біла	111,0	401,1	492,5	454,9	516,1	449,9	310,6	166,8	2902,9
Дуб звичайний	10,2	7,2	10,7	88,8	128,8	90,6	13,9	5,5	355,7
Вільха сіра	31,2	64,2	126,4	145,2	190,3	105,5	7,7	–	670,5
Граб звичайний	0,9	17,2	43,9	109,7	107,6	63,9	3,4	–	346,6
Береза повисла	6,1	30,1	56,2	40,3	62,3	48,9	34,6	28,6	307,1
Сосна звичайна	–	2,2	40,1	17,4	36,7	28,4	18,0	–	142,8
Дуб червоний	–	–	–	5,5	9,9	4,9	9,9	–	30,2
Клен-явір	0,7	3,6	4,1	6,6	30,1	6,0	2,4	1,8	55,3
Модрина європейська	–	–	1,2	7,7	13,5	7,1	1,5	0,7	31,7
Вільха чорна	0,6	0,9	–	12,3	3,3	1,3	13,0	–	31,4
Робінія звичайна	–	–	3,9	6,0	3,2	–	–	–	13,1
Осика	–	–	1,0	0,4	5,3	5,2	–	0,5	12,4
Дуб скельний	–	1,8	–	5,1	–	2,1	–	–	9,0
Ясен звичайний	1,3	–	1,2	3,5	2,6	0,3	–	–	8,9
Псевдотсуга Мензіса	–	–	–	–	–	4,2	2,0	–	6,2
Клен гостролистий	–	–	–	–	–	2,0	–	–	2,0
Черешня	–	2,0	0,9	0,3	–	–	–	–	3,2
Вербка біла	–	–	1,5	1,0	–	1,4	–	–	3,9
Сосна чорна	–	–	–	–	1,1	0,2	–	–	1,3
Яблуня лісова	–	–	–	0,4	–	–	–	–	0,4
Сосна Веймутова	–	–	0,2	–	–	–	–	–	0,2
Сосна гірська	–	–	0,8	–	–	–	–	–	0,8
Липа дрібнолиста	–	–	–	–	4,7	–	–	–	4,7
Разом	1218,7	3350,3	5373,5	6581,4	9042,7	8813,5	4495,0	772,0	39647,1

Примітка. Під час розподілу насаджень за відносною повнотою не враховано площу Шепітського лісництва (2682,3 га) з причини відсутності її поділу за деревними видами

Таблиця 7. Розподіл насаджень на вкритих лісовою рослинністю землях за типами лісу
Table 7. Distribution of forest stands in the forested areas according to forest types

Назва та індекс типу лісу	Площа, га	Примітки
1	2	3
Суборові типи лісу		
Вологий чистосмерековий субір ($B_3-См$)	1336,1	Поширений на стрімких випуклих схилах (20-30°) на висотах понад 1000 м н.р.м.
Свіжий смереково-сосновий субір ($B_2-смС$)	79,9	Займає переважно південні схили на висотах 500-1200 м н.р.м.
Свіжий чистобуковий субір ($B_2-Бк$)	78,2	Займає північні схили на висотах 450-500 м н.р.м.
Вологий зеленівільховий субір ($B_3-Влз$) у комплексі з сугрудуватими підтипами	19,7	Трапляється на висотах більше 1000 м н.р.м. на гірсько-підзолистих ґрунтах з добре вираженим торф'янистим горизонтом
Вологий модриново-кедрово-смерековий субір ($B_3-мд-скСм$)	8,7	Трапляється рідко на південних схилах на висотах 1000-1300 м н.р.м.
Вологий чистобуковий субір ($B_3-Бк$)	5,0	Поширений на північних схилах на висотах 500-650 м н.р.м.
Всього по суборах	1527,6	
Сугрудові типи лісу		
<i>Смерекова група типів лісу</i>		
Волога буково-ялицева сусмеречина ($С_3-бк-яцСм$)	10332,0	Займає схили північних експозицій на висотах 800-1200 м н.р.м.
Волога високогірна сусмеречина ($С_3-См$)	5006,2	Займає схили північних експозицій на висотах 1000-1500 м н.р.м.
Волога ялицева сусмеречина ($С_3-яцСм$)	807,1	Поширена на північних схилах на висотах 850-1300 м н.р.м.
Свіжа буково-ялицева сусмеречина ($С_2-бк-яцСм$)	322,2	Поширена на схилах південних експозицій на висотах 850-1250 м н.р.м.
Сира чиста сусмеречина ($С_4-См$)	13,2	Поширена фрагментарно по невеликих пониженнях на висотах 800-1450 м н.р.м.
Сира буково-ялицева сусмеречина ($С_4-бк-яцСм$)	3,5	Поширена рідко по невеликих пониженнях на висотах 800-1400 м н.р.м.
Разом	16484,2	
<i>Букова група типів лісу</i>		
Волога смереково-ялицева субучина ($С_3-см-яцБк$)	4710,9	Займає схили північних експозицій в межах 600-800 м н.р.м.
Волога чиста субучина ($С_3-Бк$)	2001,4	Займає північні схили вище межі поширення граба в межах 600-900 м н.р.м.
Волога ялицева субучина ($С_3-яцБк$)	1940,4	Займає схили північних експозицій в межах 600-900 м н.р.м.
Свіжа грабова субучина ($С_2-гБк$)	1164,9	Поширена на випуклих частинах схилів різних експозицій на висотах 250-600 м н.р.м.
Свіжа смереково-ялицева субучина ($С_2-см-яцБк$)	1059,0	Поширена на випуклих частинах південних схилів на висотах 700-950 м н.р.м.
Волога грабова субучина ($С_3-гБк$)	960,2	Займає схили північних експозицій на висотах 250-600 м н.р.м.
Волога грабово-ялицева субучина ($С_3-г-яцБк$)	382,7	Займає схили північних експозицій на висотах 500-650 м н.р.м.
Разом	12219,5	

1	2	3
<i>Ялицева група типів лісу</i>		
Волога смереково-букова суяличина (C_3 -см-бкЯц)	3320,4	Широко розповсюджена в межах висот 600-900 м н.р.м.
Волога букова суяличина (C_3 -бкЯц)	91,6	Поширена на схилах північних експозицій на висотах 600-800 м н.р.м.
Сира смереково-букова суяличина (C_4 -см-бкЯц)	2,7	Трапляється дуже рідко по рівнинних місцезонах на висотах 600-850 м н.р.м.
Разом	3414,7	
<i>Дубова група типів лісу</i>		
Волога грабова судіброва (C_3 -гД)	377,3	Займає рівнинні або понижені місцезонах на висотах до 450 м н.р.м.
Свіжа грабова судіброва (C_2 -гД)	96,6	Займає схилі місцезонах на висотах до 350 м н.р.м.
Волога букова судіброва (C_3 -бкД)	51,1	Поширена слабо на схилах північних експозицій на висотах 250-350 м н.р.м.
Волога ялицева судіброва (C_3 -яцД)	44,4	Слабо поширена на рівнинних місцезонах на висотах 300-400 м н.р.м.
Разом	569,4	
<i>Вільхова група типів лісу</i>		
Сира сусіровільшина (C_4 -Влс)	555,3	Поширена у заплавах гірських річок та потоків в межах висот 500-1200 м н.р.м.
Сира сучорновільшина (C_4 -Влч)	19,2	Трапляється рідко на понижених місцезонах на висотах до 500 м н.р.м.
Разом	574,5	
Всього по сугрудах	33262,3	
Грудові типи лісу		
<i>Букова група типів лісу</i>		
Волога смереково-ялицева бучина (D_3 -см-яцБк)	911,9	Широко розповсюджена на схилах північних експозицій на висотах 700-900 м н.р.м.
Волога ялицева бучина (D_3 -яцБк)	784,0	Широко розповсюджена на схилах північних експозицій на висотах 500-800 м н.р.м.
Волога грабово-ялицева бучина (D_3 -г-яцБк)	413,4	Розповсюджена повсюдно в межах висот 300-600 м н.р.м.
Волога чиста бучина (D_3 -Бк)	194,8	Займає північні схили за межею поширення граба на висотах 600-800 м н.р.м.
Свіжа чиста бучина (D_2 -Бк)	161,3	Займає південні випуклі схили на висотах 500-800 м н.р.м.
Волога грабова бучина (D_3 -гБк)	56,4	Слабо поширена на схилах північних експозицій до 600 м н.р.м.
Свіжа ялицева бучина (D_2 -яцБк)	33,0	Слабо поширена на схилах південних експозицій на висотах 600-900 м н.р.м.
Свіжа дубово-грабова бучина (D_2 -гБк)	1,1	Трапляється дуже рідко на схилах південних експозицій до висоти 600 м н.р.м.
Разом	2555,9	
<i>Ялицева група типів лісу</i>		
Волога смереково-букова яличина (D_3 -см-бкЯц)	1222,1	Займає схили північних експозицій на висотах 600-1000 м н.р.м.

1	2	3
Волога букова яличина (D_3 -бкЯц)	653,6	Займає схили північних експозицій на висотах 500-1000 м н.р.м.
Волога грабово-букова яличина (D_3 -г-бкЯц)	18,1	Поширена на схилах всіх експозицій, окрім південних, на висотах 350-600 м н.р.м.
Разом	1893,8	
<i>Смерекова група типів лісу</i>		
Волога буково-ялицева смеречина (D_3 -бк-яцСм)	344,2	Поширена на схилах всіх експозицій, окрім південних, на висотах 800-1200 м н.р.м.
Разом	344,2	
<i>Дубова група типів лісу</i>		
Волога грабова діброва (D_3 -гД)	34,8	Слабо поширена на рівнинних місцезонах на висотах до 400 м н.р.м.
Свіжа грабова діброва (D_2 -гД)	23,4	Слабо поширена на схилівих місцезонах на висотах до 300 м н.р.м.
Волога букова діброва (D_3 -бкД)	4,5	Трапляється дуже рідко на схилах північних експозицій на висотах 300-500 м н.р.м.
Сира діброва (D_4 -Д)	0,6	Трапляється дуже рідко у блюдцеподібних пониженнях на висотах 200-350 м н.р.м.
Разом	63,3	
Всього по грудах	4857,2	
Всього по регіону	39647,1	

Примітка. У зв'язку з форс-мажорними обставинами під час розподілу площ лісового фонду Покутських Карпат за типами лісу не враховано площу вкритих лісовою рослинністю земель Шепітського лісництва (2682,3 га)

Букова група представлена сімома типами лісу серед сугрудових умов і знаходиться на другому місці, займаючи площу 12219,5 га. На відміну від смерекової, у цій групі відсутні типи лісу, які мають дуже велику перевагу за площею над іншими типами. Так, три перші типи лісу (C_3 -см-яцБк; C_3 -Бк; C_3 -яцБк) займають, відповідно, 38,6; 16,4 та 15,9% площі букової групи типів лісу. Найменшу площу займає волога грабово-ялицева суббучина (3,1%). П'ять з семи типів лісу представлені вологим гіротопом.

Ялицева група представлена лише трьома типами лісу, серед яких майже всю площу групи займає волога смереково-букова суяличина (97,2%). Усі типи лісу розташовані у висотному поясі в межах 600-900 м н.р.м. з бурими гірсько-лісовими опідзоленими ґрунтами на елювії-делювії карпатського флішу.

Дубова група типів лісу в межах сугрудових умов займає невелику площу (близько 570 га). Найпоширенішим типом лісу є волога грабова судіброва (C_3 -гД), яка займає 66,3% вкритої лісом площі цієї групи. Друге місце в групі посідає свіжа грабова судіброва, однак її поширеність значно менша (17%).

Площа вільхової групи типів лісу (574,5 га) близька до такої у дубової. Практично всю площу

групи займає сира сусірівільшина, тоді як на сиру сучорновільшину припадає лише 3,3% площі групи.

Площа грудових типів лісу є помітно меншою, ніж сугрудових. Грудові умови представлені лише чотирма групами типів лісу, однак найпоширенішою з них, на відміну від сугрудових типів, є букова група. Бучини загалом займають невелику площу (близько 2556 га), серед яких найрозповсюдженішими є три типи лісу – волога смереково-ялицева бучина, волога ялицева бучина та волога грабово-ялицева бучина (відповідно, 35,7; 30,7 та 16,2%).

Ялицева група типів лісу серед грудових типів займає друге місце за поширеністю (близько 1894 га). Найрозповсюдженішим тут є лише один тип лісу – волога смереково-букова яличина, яка займає 64,5% площі цієї групи. Всі типи лісу представлені вологим гіротопом.

Смерекова група типів лісу представлена одним типом лісу, який займає площу 344,2 га, що становить лише 7,1% серед всіх грудових типів.

Дубова група представлена чотирма типами лісу, однак їхня площа незначна (1,3% серед грудових типів лісу). Найпоширенішою є волога грабова діброва, яка займає близько 35 га вкритих лісовою рослинністю земель регіону.

Розподіл вкритих лісовою рослинністю земель Покутських Карпат за типами лісорослинних умов

має свою специфіку. Найбільшу частину з них (84%) займають сугруди, 12% – груди, 4% – субори за повної відсутності борових типів лісорослинних умов (табл. 8). За гігротопом переважаючими є вологі типи.

Таблиця 8. Площа вкритих лісовою рослинністю ділянок на території Покутських Карпат за групами типів лісу

Table 8. Distribution of the forested areas in the territory of the Pokuttia Carpathians according to forest types

Група типів лісу	Площа за типами лісорослинних умов, га			Площа загальна, га
	В	С	Д	
Смерекова	1344,8	16484,2	344,2	18173,2
Букова	83,2	12219,5	2555,9	14858,6
Ялицева	–	3414,7	1893,8	5308,5
Дубова	–	569,4	63,3	632,7
Вільхова	19,7	574,5	–	594,2
Соснова	79,9	–	–	79,9
Всього по групах типів лісу	1527,6	33262,3	4857,2	39647,1

Найрозповсюдженішою є смерекова група типів лісу, займаючи 45,8% від загальної площі вкритих лісовою рослинністю земель Покутських Карпат. Букова група типів лісу представлена дещо меншою часткою (37,5%). Ці дві групи типів лісу на території досліджуваного регіону є домінуючими.

Серед смерекових типів лісу найбільші площі насаджень зосереджені у суборових і сугрудових типах лісорослинних умов, серед букових – у сугрудових типах.

Порівняно з попередніми групами, ялицева група типів лісу займає невелику частку площі (13,4%), основна частина якої зосереджена в сугрудах. Це ж саме стосується дубової та вільхової груп типів лісу, частка яких у насадженнях Покутських Карпат доволі низька (відповідно, 1,6 та 1,5%). Насадження соснової групи типів лісу у Покутських Карпатах приурочені лише до суборових типів лісорослинних умов з площею близько 80 га (0,2%).

Розподіл території Покутських Карпат за категоріями земель лісогосподарського призначення підтверджує пріоритетну захисну роль лісових насаджень (табл. 9). Так, лише ліси національного природного парку «Гуцульщина» усіх зон займають 55,9%, захисні ліси – 27,4%, тоді як експлуатаційні ліси – тільки 16,7% від загальної площі земель лісогосподарського призначення.

Значна частка лісів захисного призначення є цілком логічною з огляду на специфічну орографію регіону, його кліматичні особливості та високий рекреаційний потенціал.

Таблиця 9. Розподіл території Покутських Карпат за категоріями земель лісогосподарського призначення

Table 9. Distribution of the territory of the Pokuttia Carpathians by categories of forestry-purpose lands

Категорія земель	Площа, га
Експлуатаційні ліси	6989,9
Заказники	10
Заповідні лісові урочища	64,4
Інші захисні ліси	2465,7
Ліси протиерозійні	7545
Ліси уздовж берегів річок, навколо озер, водойм. та ін.	859,4
Ліси уздовж смуг відведення автомобільних доріг	356,8
Лісогосподарська частина лісів зелених зон	136
Національні природні парки (господарська зона)	11649,1
Національні природні парки (заповідна зона)	2283,5
Національні природні парки (зона регульованої рекреації)	9466,5
Національні природні парки (зона стаціонарної рекреації)	91,9
Пам'ятки природи	76,1
Всього земель	41994,3

Примітка. У зв'язку з форс-мажорними обставинами під час розподілу території Покутських Карпат за категоріями земель лісогосподарського призначення не враховано площу земель Шепітського лісництва (2735,0 га)

Дискусія (Discussion). Покутські Карпати характеризуються поєднанням низькогірної частини, вкритої буковими лісами з терасово-долинними і котловинно-терасовими положеннями та середньогірної частини з мішаними хвойно-широколистяними лісами, де гірські хребти сягають висоти від 1000 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 сусмеречин у середньогірній частині (близько 1500 м н.р.м.).

За фізико-географічним районуванням України (2009), низькогірна частина Покутських Карпат вкрита переважно буковими лісами. Район середньогірних хребтів характеризується перевагою опідзолених буроземів, на яких сформувалися буково-ялицеві, ялицево-смерекові та чисті смерекові ліси.

За результатами досліджень В.П. Лосюка та ін. (2021), природні ялинові ліси на території Покутських Карпат займають площу 8,2 тис. га. На наш погляд, ці дані є дещо заниженими, оскільки

загальна площа смерекової групи типів лісу у Покутських Карпатах складає 18,2 тис. га. Площа штучних насаджень регіону становить приблизно 1/2 від загальної площі лісостанів, а, можливо, й менше. Тому площа природних лісів складає не менше ніж 9 тис. га.

Із загальної площі лісів Покутських Карпат в 39,1 тис. га частка лісів з перевагою у складі ялиці білої становить 3,0 тис. га (8%), хоча площа лісів за участю ялиці білої на території регіону помітно більша – близько 6 тис. га. (Лосюк та ін., 2022). Наведені дані дещо завищені, оскільки за результатами наших досліджень ліси за участю ялиці білої займають не більше 5,3 тис. га.

Існують також різні дані щодо кількості типів лісу на території регіону. Так, за даними М. А. Голубця (2003), ялицеві ліси Покутських Карпат представлені 17-ма типами лісу загальною площею близько 6 тис. га. За результатами наших досліджень, станом на 01.2023 р. ялиця біла росте в складі лісових насаджень у 24-ох типах лісу Покутських Карпат. Сказане особливо стосується букових і смерекових груп типів лісу.

За даними В. П. Лосюка та ін. (2022), ялицеві лісостани на території Покутських Карпат займають площу близько 2,5 тис. га і представлені шістьма ялицевими типами лісу (C_3 -см-бкЯц, C_3 -дЯц, C_3 -бкЯц, C_4 -смЯц, D_3 -бкЯц, D_3 -см-бкЯц), переважаючими серед яких є *волога смереково-букова суяличина* (68%), *волога букова яличина* (15%) та *волога смереково-букова яличина* (14%).

Результати наших досліджень в основному підтверджують наявність цих типів лісу та зайняту ними частку в ялицевій групі. Уточнення стосуються трьох типів лісу: а) замість типу лісу C_4 -смЯц проф. З. Ю. Герушинський (1996) виділив тип лісу C_4 -см-бкЯц; б) тип лісу C_3 -дЯц виділяти не варто, оскільки за лісівничими характеристиками він представляє собою вологу ялицеву судіброву (C_3 -яцД), яка займає місцеположення на висотах 350-450 м н.р.м.; в) на території Покутських Карпат нами виявлено ще один ялицевий тип лісу – вологу грабово-букову яличину (D_3 -г-бкЯц), хоча його площа і складає менше 20 га.

Висновки (Conclusions). Вкрита лісовою рослинністю площа низькогірної частини Покутських Карпат становить 22651,4 га, середньогірної – 19678,0 га. На території регіону виявлено 25 деревних видів, серед яких переважаючими є три – ялина європейська, бук лісовий та ялиця біла. Вони нагромаджують найбільші запаси стовбурової деревини – 12569,4 тис. м³, що становить 97% від загального запасу деревини у регіоні. Порівняно з низькогір'ям, у середньогірній частині помітно біднішим є видовий склад деревних рослин – лише 16 видів. У цій частині Покутських Карпат відсутні також насадження за участю інтродукованих видів.

Незважаючи на меншу площу середньогірних лісів, вони є продуктивнішими, ніж у низькогірній частині. Якщо запас деревини у низькогір'ї стано-

вить 6823,2 тис. м³, то у середньогір'ї він лише на 10,5% менший.

Вікова структура лісостанів регіону є розбалансованою. Так, за відносним показником найбільшу площу (66,0%) займають середньовікові насадження. Значно меншу площу займають пристиглі та стиглі лісостани (12,0 і 11,9%). Незначну частку займають перестійні насадження (1,6%), що збереглися в межах заповідних зон, та молодняки I і II класів віку (3,1 та 5,4%). Подібну частку посідають лісостани різних вікових груп і за запасом стовбурової деревини.

Лісостани Покутських Карпат загалом є високобонітетними. Насадження I і вище класів бонітету займають 62,8, II бонітету – 29,6, III бонітету – 5,8%. Насадження IV і нижче класів бонітету виявлені лише на 4,8% площі. Лісостани регіону переважно середньоповнотні – 22351,2 га або 56,4%. Низькоповнотні насадження займають площу 15305,2 або 38,6%, рідколісся – 1218,7 га або 3,1%. Проте дуже слабо представлені високоповнотні деревостани (772 га або 1,9%). На території регіону зафіксовано 44 типи лісу, з яких шість суборових, 22 сугрудових та 16 грудових. Серед типів лісорослинних умов найбільшу частину (84%) займають сутруди, 12% – груди, 4% – субори. За гіротопом переважають вологі типи.

Найрозповсюдженішою є смерекова група типів лісу, яка займає 45,8% від загальної площі вкритих лісовою рослинністю земель Покутських Карпат. Букова група типів лісу займає дещо меншу частку (37,5%). Серед смерекових типів лісу найбільші площі насаджень зосереджені у суборових і сугрудових типах лісорослинних умов, серед букових – у сугрудових типах. Ялицева група типів лісу займає невелику частку площі (13,4%), основна частина якої зосереджена в сугрудах. Це ж саме стосується дубової та вільхової груп типів лісу, частка яких у насадженнях Покутських Карпат доволі низька (відповідно, 1,6 та 1,5%). Розподіл території регіону за категоріями земель лісогосподарського призначення підтверджує пріоритетну захисну роль лісових насаджень.

Список літератури (References)

- Білик, Г. І., Голубець, М. А., Брадїс, Є. М., Андрієнко, Т. Л., Ткаченко, В. С., Шеляг-Сосонко, Ю. Р., ... Махаєва, Л. В. (1977). *Геоботанічне районування Української РСР*. Київ: Наукова думка [Bilyk, G. I., Golubets, M. A., Bradis, E. M., Andrienko, T. L., Tkachenko, V. S., Shelyag-Sosonko, Y. R., ... Makhaeva, L. V. (1977). *Geobotanical zoning of the Ukrainian SSR*. Kyiv: Scientific Thought] (in Ukrainian)
- Ванджурак, П. І., Дебрінюк, Ю. М. (2022). Покутські Карпати як природно-лісогосподарський регіон Українських Карпат. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 24, 47-55 [Vandzhurak, P., Debryniuk, Yu. (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>] (in Ukrainian)
- Воропай, Л.І., Куниця, М.О. (1966). *Українські Карпати*. Київ: Радянська школа [Voropai, L.I., & Kunytsia, M.O. (1966). *Ukrainian Carpathian Mountains*. Kyiv: Soviet School] (in Ukrainian)
- 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 [Gensiruk, S.A., Shevchenko, S.V., Bondar, V.S., Shelyag-Sosonko, Yu.R., Koval, Ya.V., Zaitsev, V.T., & Kravchuk, Yu.P. (1981). *Integrated forestry zoning of Ukraine and Moldova*. Kyiv: Scientific Thought] (in Russian)
- Геренчук, К.І. (1968). Ландшафти. В кн.: *Природа Українських Карпат* (с. 208-238) / під ред. К.І. Геренчука. Львів: Вид-во Львів. ун-ту [Gerenchuk, K.I. (1968). Landscapes. In K.I. Gerenchuk (Ed.), *Nature of the Ukrainian Carpathians* (pp. 208-238). Lviv: Lviv University Publishing House] (in Ukrainian)
- Герушинський, З.Ю. (1996). *Типологія лісів Українських Карпат*. Львів: Піраміда [Gerushinsky, Z.Yu. (1996). *Typology of the forests of the Ukrainian Carpathians*. Lviv: Piramida] (in Ukrainian)
- Гілецький, Й.Р. (2012). Природно-географічне районування Українських Карпат як основа оптимізації природокористування у регіоні. *Науковий вісник Чернівецького університету: географія*, 612-613, 28-32 [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. Retrieved from http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvchnu_2012_612-613_9] (in Ukrainian)
- Голубець, М.А. (2003). Геоботаничне районування Українських Карпат – основа раціонального природокористування. *Екологічний збірник: Екологічні проблеми Карпатського регіону, Наукове товариство ім. Т. Шевченка, XII*, 283-292 [Golubets, M.A. (2003). Geobotanical zoning of the Ukrainian Carpathians is the basis of sustainable environmental management. *Ecological collection: Ecological problems of the Carpathian region, the T. Shevchenko Scientific Society, XII*, 283-292] (in Ukrainian)
- Горшенин, Н.М., Шевченко, С.В. (1954). Лесорастительные районы западных, Черновицкой и Закарпатской областей УССР. *Научные записки Львовского сельскохозяйственного института*, 4, 147-156 [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] (in Russian)
- Гостюк, З.В. (2018). Антропогенна модифікованість ландшафтів Покутських Карпат. *Український географічний журнал*, 2, 43-50 [Gostyuk, Z.V. (2018). Anthropogenic modification of the Pokuttia Carpathian landscapes. *Ukrainian Geographical Journal*, 2, 43-50. <https://doi.org/10.15407/ugz2018.02.043>] (in Ukrainian)
- Гостюк, З.В., Мельник, А.В. (2017а). Ландшафтна структура Покутських Карпат. *Фізична географія та геоморфологія*, 3(87), 38-47 [Gostyuk, Z.V., & Melnyk, A.V. (2017a). Landscape structure of the Pokuttia Carpathians. *Physical geography and geomorphology*, 3(87), 38-47. Retrieved from http://nbuv.gov.ua/UJRN/fiz_geo_2017_3_8] (in Ukrainian)
- 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 [Gostyuk, Z.V., & Melnyk, A.V. (2017b). Pokut Carpathians in the system of physiographic zoning of the Ukrainian Carpathians. *Regional problems of landscape-phthology and geomorphology*, 4(88), 12-21. Retrieved from http://nbuv.gov.ua/UJRN/fiz_geo_2017_4_4] (in Ukrainian)
- Иваненко, Б.И. (1977). Лесорастительное районирование Калужской области. *Лесной журнал*, 2, 26-31 [Ivanenko, B.I. (1977). Forest-site zoning of Kaluga region. *Forest Journal*, 2, 26-31] (in Russian)
- Койнов, М.М. (1973). Фізико-географічні райони. В кн.: *Природа Івано-Франківської області* (с. 125-140) / під ред. К.І. Геренчука. Львів: Вища школа [Koinov, M.M. (1973). Physico-geographic regions. In K.I. Gerenchuk (Ed.), *Nature of the Ivano-Frankivsk region* (pp. 125-140). Lviv: Higher School] (in Ukrainian)
- Лосюк, В.П., Погрібний, О.О., Томич, М.В., Часковский, О.Г., Ванджурак, П.І., Дебринюк, Ю.М. (2021). Стан і структура природних ялинових лісів Покутських Карпат. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 22, 52-67 [Losyuk, V., Pohribnyi, O., Tomych, M., Chaskovskyy, O., Vandzhurak, P., Debryniuk, Yu. (2021). State and structure of the natural spruce forests in the Pokuttia Carpathians. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 22, 52-67. <https://doi.org/10.15421/412104>] (in Ukrainian)
- Лосюк, В.П., Погрібний, О.О., Томич, М.В., Часковский, О.Г., Ванджурак, П.І. (2022). Стан і структура ялицевих лісів Покутських Карпат. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 24, 79-90 [Losyuk, V., Pohribnyi, O., Tomych, M., Chaskovskyy, 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, 72-90. <https://doi.org/10.15421/412207>] (in Ukrainian)
- Мельник, А.В. (1999). *Українські Карпати: еколого-ландшафтознавче дослідження*. Львів: Вид-во Львів. ун-ту [Melnyk, A.V. (1999). *Ukrainian Carpathians: ecological and landscape research*. Lviv: Lviv University Publishing House] (in Ukrainian)
- Рыбин, М.М., Цысь, П.М. (1968). Подобласть Покутско-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, 606-608 [Rybin, M.M., & Tsys, P.M. (1968). Subregion of the Pokuttisko-Bukovina

Carpathians. In V.P. Popov, A.M. Marinich, A.I. Lanko (Eds.) *Physic-geographical zoning of the Ukrainian SSR* (pp. 606-608). Kyiv: Kyiv University Publishing House] (in Russian)

Фізико-географічне районування України (2009). В кн. *Національний атлас України* (с. 228-229) / під ред. О.М. Маринич, Г.О. Пархоменко, В.М. Пашченко. Київ: ДНВП Картографія [Physic-geographical zoning of Ukraine (2009). In O.M. Marynych, G.O. Parkhomenko, V.M. Pashchenko (Eds.) *National atlas of Ukraine* (pp. 228-229). Kyiv: DNVP Cartography] (in Ukrainian)

Debrynyuk, Yu.M. (2017). Plantation Forestry and energy plantations in Ukraine: resource potential and development prospects. *The Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 27(8), 45-51. <https://doi.org/10.15421/40270806>

Forest stands of the Pokuttia Carpathians: distribution and forest mensurational description

P. Vandzhurak¹, Iu. Debryniuk², V. Savchyn³

The Pokuttia Carpathians are characterized by a combination of the low-mountain part (up to 800 m above sea level), covered by beech forests with terrace-valley and hollow-terrace positions, and the mid-mountain part with mixed coniferous-broadleaved forests. The mountain ranges here reach heights from 900 to 1,500 m above sea level. The unique character of the region lies in the fact that its territory covers almost all altitudinal vegetation zones – from oak forests in the low-mountain part (300-500 m above sea level) to pure fairly fertile spruce forest types in the mid-mountain part (about 1,500 m above sea level).

The forested area of the low-mountain part of the Pokuttia Carpathians is 22,651.4 ha, and the forested area of the mid-mountain part is 19,678.0 ha. 25 tree species are found in the region, among which three

species are predominant – Norway spruce, European beech, and silver fir. They accumulate the largest stock of stemwood – 12,569.4 thousand m³, which is 97% of the total timber standing volume in the region. Compared to the low mountains, the species composition of woody plants in the mid-mountain part is noticeably poorer. Furthermore, in this part of the Pokuttia Carpathians, there are no stands with introduced species.

Despite the smaller area of the mid-mountain forests, they are more productive than those in the low-mountain part. When the stock of wood in the low mountains being 6,823.2 thousand m³, it is only 10.5% less in the mid-mountain part.

The age structure of forest stands in the Pokuttia Carpathians is unbalanced. In terms of relative indicators, the largest area (66.0%) is occupied by middle-aged stands. A significantly smaller area is occupied by maturing and mature forest stands (12.0 and 11.9%). A small part of the area is occupied by overmature stands which have remained within the protected areas (1.6%), and young growth of age classes I and II (3.1 and 5.4%). Forests of different age groups occupy a similar share of the stock of stemwood.

The forest stands of the Pokuttia Carpathians are generally of high site classes. The stands of site class I and above occupy 62.8% of the area, the stands of site class II – 29.6%, and the stands of site class III – 5.8%. Stands of site class IV and lower are found only in 4.8% of the area.

The forest stands of the region are mostly of medium density – 22,351.2 hectares or 56.4%. Low-density stands occupy an area of 15,305.2 ha or 38.6%, sparse forests – 1,218.7 ha or 3.1%. High-density stands are very poorly represented (772 hectares or 1.9%).

In the territory of the region, 44 types of forest are recorded, of which six are fairly infertile pine site types, 22 are fairly fertile site types, and 16 are fertile site types. As to the hygrotone (soil moisture class), moist types prevail.

Spruce group of forest types is the most widespread, occupying 45.8% of the total area of forested lands of the Pokuttia Carpathians. The beech group of forest types has a slightly smaller share (37.5%). Among spruce forest types, the largest areas of stands are concentrated in fairly infertile pine site types and fairly fertile site types, among beech forest types – in fairly fertile site types.

The fir group of forest types occupies a small share of the area (13.4%), the main part of which is concentrated in fairly fertile site types. The same applies to the oak and alder groups of forest types, the share of which in the stands of the Pokuttia Carpathians is quite low (1.6 and 1.5%, respectively).

The distribution of the territory of the region by categories of forestry land confirms the priority protective role of forest stands.

Key words: forest type groups; Norway spruce; European beech; silver fir; low-mountain and mid-mountain parts; age; site class; density; growing stock.

¹ Pavlo Vandzhurak – PhD candidate. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: + 0322-37-80-94. E-mail: pavlov.76@ukr.net ORCID: <http://orcid.org/0009-0007-5466-5824>

² Iurii Debryniuk – Full Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Academician-Secretary of the Ukrainian Forestry Academy of Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Forest Crops and Forest Selection. Ukrainian National Forestry University. 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: 032-235-30-12, + 38-067-195-78-36. E-mail: debryniuk_ju@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0994-349X>

³ Volodymyr Savchyn – production manager. Production Association “Ukrderzhlisproekt”, 17 Tchaikovsky st., Lviv, 79005, Ukraine. Tel.: +38-097-011-40-47. E-mail: svm_25@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-2476-6258>



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

<http://fasu.nltu.edu.ua>
<https://doi.org/10.15421/412304>

Article received 2023.08.29
Article accepted 2023.11.23

ISSN 1991-606X print

ISSN 2616-5015 online

@ ✉ Correspondence author

Vasyl Debryniuk

22v.debryniuk@nltu.lviv.ua

103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine

УДК 630*228.81 : 630*231

Успішність природного поновлення у смерекових пралісах НПП «Верховинський»

В. Ю. Дебринюк¹, М. М. Нечай², І. І. Коляджин³, В. В. Лавний⁴

Об'єкти досліджень знаходились на території природоохоронних науково-дослідних відділень (ПНДВ) – Чивчинського та Прикордонного НПП «Верховинський». Саме у лісовому фонді цих відділень зафіксовано найбільші площі смерекових пралісів, територія яких є найвіддаленішою та важкодоступною в Українських Карпатах.

Забезпечення смерекових пралісів підростом на одному дослідному об'єкті (ПП № 3) оцінено як добре (1 клас якості, 19,6 тис. шт.·га⁻¹); на двох об'єктах (ПП № 1 та № 5) – як добре (2 клас якості, 8,3 та 8,1 тис. шт.·га⁻¹, відповідно); на одному об'єкті (ПП № 4) як задовільне (6,9 тис. шт.·га⁻¹); на одному об'єкті (ПП № 2) як незадовільне (2,4 тис. шт.·га⁻¹).

Три із досліджених пралісових угруповань (ПП № 1, № 2 та № 3) досягли стадії старіння (aging phase), два (ПП № 4 та № 5) – стадії розпаду (breakdown phase). Можна попередньо узагальнити, що інтенсивність проходження процесу природного поновлення не залежить від стадії розвитку пралісу, а визначається повнотою деревостану, кількістю «вікон» і прогалів у наметі, розвитком трав'яного вкриття.

Розподіл підросту *Picea abies* (L.) Karst. за висотними групами (10-39; 40-129; 130 см і більше) становить, відповідно, 56-66%; 27-41%; 3-16%.

Підріст *Sorbus aucuparia* L. займає незначну частку у загальній кількості підросту (до 5%). Близько половини підросту деревного виду пошкоджено дикими тваринами.

Частка пошкодженого підросту *Picea abies* є незначною (менше 5%). Основна причина полягає у пошкодженні верхівок молодих рослин падаючими фрагментами із сухостійних стоячих дерев або падінням самих дерев.

Загалом процес природного поновлення у смерекових пралісах НПП «Верховинський», які досягли стадії старіння або стадії розпаду, проходить задовільно.

Ключові слова: *Picea abies* (L.) Karst.; лісівничо-таксаційні показники деревостану; облікові площадки; кругові проби; клімаксові угруповання; лісознавство.

¹ Дебринюк Василь Юрійович – магістр ННІ лісового і садово-паркового господарства, Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-095-879-80-37. E-mail: 22v.debryniuk@nltu.lviv.ua ORCID: <http://orcid.org/0009-0005-3522-2652>. Науковий керівник – доктор сільськогосподарських наук, професор Лавний Василь Володимирович

² Нечай Михайло Михайлович – директор Національного природного парку «Верховинський», с. Верхній Ясенів Верховинського району Івано-Франківської області, 78712, Україна. Тел.: 03432-2-40-00, +38-097-711-04-60. E-mail: nppverhovuna@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-4479-2307>

³ Коляджин Іван Ігорович – провідний науковий співробітник науково-дослідного відділу Національного природного парку «Верховинський», с. Верхній Ясенів Верховинського району Івано-Франківської області, 78712, Україна. Аспірант кафедри ботаніки, деревинознавства та недревних ресурсів лісу Національного лісотехнічного університету України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-097-812-98-54. E-mail: ivan_ko@i.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6790-7051>

⁴ Лавний Василь Володимирович – академік Лісівничої академії наук України, доктор сільськогосподарських наук, професор, проректор з наукової роботи. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-098-859-72-07. E-mail: lavnyu@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2069-9026>. Керівник проекту з дослідження пралісів.

Вступ (Introduction). На сьогодні практично відсутні ліси, які в тій чи іншій формі не піддавалися б непрямому антропогенному впливові, як, наприклад, через емісії (перенесення забруднювачів атмосферними потоками). На сьогодні в горах Східної і Південно-Східної Європи ще збереглися лісові масиви різної площі, в яких ніколи не заготовляли деревину (Манько, Войтків, Наконечний, 2019). У таких первинних лісових екосистемах, завдяки різноманітним природним умовам і типам ландшафтів, безперервно проходить спонтанний філоценогенетичний процес, завдяки якому підтримується еволюційний потенціал у лісових формаціях. Рештки незайманих лісів, які збереглися серед денатуралізованих ландшафтів – це унікальна реліквія природи, що має багатогранне значення (Стойко, 2002). З цього погляду екологічними моделями сталого лісівництва є праліси і природні ліси, рештки яких збереглися в окремих європейських країнах. Ці ліси мають також виключно важливе значення для збереження біологічного, фітоценотичного і ландшафтного різноманіття (Сухарюк, 2006).

Згідно з положеннями, розробленими працівниками Всесвітнього фонду дикої природи (WWF) та Міжнародного союзу охорони природи (IUCN), *пралісом* або *первинним лісом* вважають такий лісовий масив, який не зазнав жодного антропогенного впливу. Більш детально визначення терміну «праліс» подано у звіті конференції міністрів лісового господарства Європи (MCFPE, 1996), де зазначено, що *праліс* – це лісовий масив, який ніколи не зазнавав людського втручання і в своїй структурі та динаміці зберігає природний розвиток. Його ґрунт, клімат, флора, фауна, життєві процеси не були ні зруйновані, ні змінені через лісокористування, випас худоби або інший прямий чи непрямий вплив людини.

Під *пралісами* розуміють лісові екосистеми, які сформувалися спонтанно у процесі філоценогенезу, в яких функціональні взаємозв'язки між автотрофним і гетеротрофним блоками та педосферою не порушені, і які представлені різними віковими групами (від ювенільної до сенільної) та стадіями розвитку. Праліси представляють собою збалансовану екосистему, здатну до самовідтворення, де впродовж століть відпрацьовані природні механізми біологічної стійкості (Стойко, 2002).

На більшій частині Європи, за винятком Карпат і Балкан, праліси на сьогодні практично зникли. Серед європейських країн у цьому напрямі найбільше вирізняється Україна, на території якої в межах Карпатського регіону до цього часу збереглися ліси у первозданному стані. Саме в Українських Карпатах знаходяться найбільші площі пралісів Європи. Ці території впродовж століть залишалися недоторканими. В основному, це лісові масиви, віддалені від населених пунктів, шляхів сполучення, тобто знаходяться у важкодоступних місцях. Зазначені причини є основними у недоторканості цих лісів, які можна вважати еталонами природи, оскільки людська діяльність тут була повністю від-

сутня, і всі процеси відбувалися під впливом природних чинників. Ці природні лісові угруповання не зазнавали прямого впливу людської діяльності в процесі свого розвитку, а їхня видова, вікова й просторова структури визначаються виключно чинниками природного середовища.

Станом на 2020 р. в Україні ідентифіковано 97 тис. га пралісів, квазіпралісів і природних лісів, зокрема майже 50 тис. га – власне пралісів. Найбільше таких лісів у Закарпатській, Івано-Франківській та Чернівецькій областях, відповідно, 63, 21 та 7 тис. га. В інших областях виявлено окремі кластери таких лісів: Волинська – 1,4; Львівська – 0,7; Житомирська – 0,6; Рівненська – 0,6; Чернігівська – 0,3; Сумська – 0,2; Київська – 0,1 тис. га (Шпарик, Лосюк, Плига, 2022). Отже, в Україні офіційно виявлено достатньо значні площі пралісів і квазіпралісів, які потребують контролю (моніторингу) за їхнім станом.

З наукового погляду праліси є важливими об'єктами для з'ясування історії розвитку рослинного покриву в післяльодовиковий період. Їхнє вивчення є необхідною передумовою ведення лісового господарства на природних засадах, оскільки лише вони можуть слугувати еталонами для формування біологічно стійких і високопродуктивних лісових угруповань. Екологічні процеси, що тут відбуваються, можуть бути віртуальною моделлю для сталого лісокористування. Окрім цього, праліси мають виняткову естетичну цінність. Велике значення становлять праліси як природні лабораторії, тобто вони виконують еколого-освітні та науково-пізнавальні функції. Загалом праліси є природними моделями сталого функціонування екосистем у сучасних екологічних умовах (Манько, Войтків, Наконечний, 2019).

С.М. Стойко (2013) стверджував, що пралісові екосистеми мають вагомe значення, насамперед, для збереження біологічного й фітоценотичного різноманіття, збереження екологічного балансу в біосфері, підтримання еволюційного процесу в органічному світі. Природні лісові екосистеми мають багатогранне науково-природниче та лісівниче значення. У зв'язку з існуючою небезпекою їх зникання, завдання їхнього збереження є екологічним викликом європейського масштабу.

Праліси та інші природні ліси сприяють збереженню біологічної, фітоценотичної, ландшафтно-різноманітності і таким чином підтримують еволюційний процес у лісовій біоті. Вони мають екомодельне значення для ренатуралізації трансформованих і похідних фітоценозів та підтримання сталого розвитку лісового господарства. Для забезпечування стабільності екосистем і збалансованого ведення лісового господарства воно повинно розвиватися на екологічних засадах наближеного до природи лісівництва (*Naturnahe Forstwirtschaft*) (Стойко, 2002).

Суттєвий вплив на продуктивність і стійкість пралісових угруповань виявляють зміни клімату. Існуюче глобальне потепління клімату впливає на

динамічні тенденції рослинного покриву. Розвиваючись за законами природи, праліси, як унікальні недоторкані природні ліси, мають високу життєздатність, досить стійкі до природних, в т.ч. і кліматичних змін. На думку С.М. Стойка (2002), пралісові екосистеми, як найбільш довготривалі, є природними екомоделями для моніторингу щодо впливу кліматичних змін на рослинний покрив.

Найкраще обстеженими та вивченими у Карпатському регіоні є букові праліси, які в Українських Карпатах займають значну площу, і внесені до світової природної спадщини ЮНЕСКО (Leibundgut, 1982; Kogrel, 1995; Чернявський, 1999; Парпан, Стойко, 1999; Волощук, 2004; Commarmot, Namor, 2005; Гамор та ін., 2008; Іваненко, Парчук, 2008; Шпарик, Коммармот, Беркела, 2010; Гамор, 2011; Чернявський, Шпільчак, 2011; Стойко, 2013; Commarmot, Brändli, Namor, Lavnyu, 2013; Манько, Войтків, Наконечний, 2019 та ін.). Зокрема на території Карпатського біосферного заповідника площа букових пралісів складає 22598,8 га, які представлені 16 субформаціями і 124 асоціаціями (Сухарюк, 2006).

Цілу низку заходів на регіональному, державному і міжнародному рівнях для забезпечення охорони пралісових екосистем пропонують В.В. Лавний, М.В. Заяць (2007), серед яких: розроблення національної програми збереження біорізноманіття України; підняття на якісно новий рівень наукових досліджень і постійний моніторинг пралісових угруповань з метою виявлення динамічних тенденцій у лісових екосистемах та впливу зміни клімату на ріст і розвиток пралісів; налагодження обміну спеціалістами між природоохоронними та науковими установами як в Україні, так і за кордоном тощо. Запровадження таких заходів зменшить загрозу деградації пралісів від негативної дії абіотичних, біотичних та антропогенних чинників (Лавний, 2008).

На відміну від букових пралісів Українських Карпат, значно менш відомими є смерекові праліси, які мають меншу площу і займають важкодоступні території (Стойко, 2002; Дебринюк та ін., 2016; Манько, Войтків, Наконечний, 2019; Шпарик, Лосюк, Плига, 2021). На сьогодні вони ще мало вивчені, і тому вимагають детальної уваги як українських, так і зарубіжних дослідників.

Саме в таких пралісових екосистемах, сформованих ялиною європейською або смерекою (*Picea abies* (L.) Karst.) було здійснено дослідження з вивчення інтенсивності проходження процесів природного поновлення під впливом змінних умов довкілля.

Об'єкт досліджень – процеси природного поновлення у смерекових пралісах, які перебувають на стадіях старіння (*aging phase*) і розпаду (*break-down phase*). **Предмет дослідження** – інтенсивність проходження процесу природного поновлення під наметом пралісових смерекових угруповань.

Мета роботи полягала в обліку підросту за деревними видами та висотними групами у смерекових пралісах для встановлення інтенсивності про-

ходження процесу природного поновлення під наметом смерекових насаджень, які розвивались під дією природних чинників без безпосереднього антропогенного впливу.

Об'єкти та методика дослідження (Objects and methods). Об'єкти досліджень знаходились у лісовому фонді Національного природного парку «Верховинський», територія якого є найвіддаленішою та важкодоступною в Українських Карпатах. Тут ростуть найстаріші смерекові ліси в Європі, а також знаходяться значні за площею унікальні високогірні пасовища – полонини. Значна частина смерекових пралісів знаходиться поблизу витоків Білого й Чорного Черемошів.

Координати географічних крайніх точок Парку: крайня північна – 47° 55' 28" пн. ш., 24° 46' 58" сх. д. (ур. Присліп); крайня південна – 47° 43' 27" пн. ш., 24° 52' 59" сх. д. (ур. Фатія Банулуї); крайня західна – 47° 50' 35" пн. ш., 24° 43' 54" сх. д. (ур. Попада); крайня східна – 47° 47' 59" пн. ш., 24° 56' 57" сх. д. (ур. Перкалаба).

Об'єкти досліджень безпосередньо знаходились на території двох природоохоронних науково-дослідних відділень (ПНДВ) – Чивчинського та Прикордонного. Саме у лісовому фонді цих відділень зафіксовано найбільші площі смерекових пралісів НПП «Верховинський».

Програмою робіт передбачено закладання пробних площ у смерекових пралісах та облаштування в їхніх межах облікових площадок і кругових проб. Також було встановлено лісівничо-таксаційні показники смерекових деревостанів у межах досліджуваних пралісових лісових масивів. Здійснювали опис стану пралісового угруповання, характер розташування дерев, розташування підросту, рясність та видовий склад трав'яного вкриття з вказанням переважаючого виду та проективного вкриття.

Визначення стану натуральності лісових фітоценозів здійснювали за критеріями, що характеризують їхнє природне походження: лісовий масив, який ніколи не зазнавав людського втручання (абсолютна відсутність пеньків від рубок, ознак випасання, галявин та післялісових луків, слідів багать, стежок тощо); абсолютна відповідність видового складу природної флори первинним умовам місцезростання; виразна різновіковість дендрофлори (наявність вікових груп від ювенільної до сенильної); повночленність ендоекогенетичних сукцесій (відновлення, підріст, фази молодняка, середньовікова, стиглості та перестійності, розпаду деревостану); незмінна багатоярусна вертикальна структура деревостану; непорушний природний стан педосфери, трав'яного та мохового вкриття, природної структури і морфології підстилки; наявність природного відмирання дерев (лежачі та на корені) на різних стадіях розкладання; відсутність у складі флори аллохтонних деревних видів і трав'янистих рослин; висока стійкість фітоценозів (Шпарик та ін., 2018). Під час визначення пралісових ділянок також брали до уваги історичні свідчення та лісовпорядкувальну документацію.

Методика проведення лісівничо-таксаційних досліджень є загальноприйнятою для лісівництва та лісової таксації. Перелік дерев проводили з визначенням діаметра на висоті грудей з точністю до 1 см. Окремо обліковували дерева живі стоячі; сухі стоячі; свіжозвалені (I стадії розкладання). Висоти визначали для 15-20 дерев різних ступенів товщини. Висоту встановлювали для стоячих живих дерев, а також шляхом обміру свіжозвалених дерев з наявністю вершини. Окремі аспекти обліку природного поновлення узгоджено з науковими працівниками Інституту лісу, снігу та ландшафтів (Швейцарія), а також використано їхні попередні напрацювання (Праліси в центрі Європи, 2003; Commarmot, Namor, 2005; Commarmot, Brändli, Namor, Lavnyy, 2013).

Дослідження розпочинали з уточнення приналежності лісової території до пралісів за встановленими критеріями (Шпарик та ін., 2018). Вибрані для дослідження лісові ділянки представлені перестійними корінними смерековими лісостанами з середнім віком 140-180 років. Віддаленість ділянок від шляхів сполучення, високогірних пасовищ (полонин), відсутність доріг і туристичних маршрутів по їхній території, важкодоступність лісових масивів загалом виключають наявність потенційного безпосереднього антропогенного впливу. Всі вибрані для дослідження ділянки знаходяться на висотах 1350-1550 м н.р.м. Деревостани різновікові, дво- або триярусні, що підтверджує їхнє природне походження. На ділянці наявна мертва деревина старих дерев великих розмірів (лежачих стовбурів і стоячого сухостою) різних стадій розкладання.

Кожну точку таксації фіксували за допомогою приладів геоопозиціонування. На точках таксації проводили фотофіксацію деревостану. Відібрані для дослідження об'єкти відповідають критеріям щодо віднесення лісових ділянок до пралісових угруповань. Вивчення процесу проходження природного поновлення здійснювали на п'яти ділянках смерекових пралісів.

Дослідження починали із закладання пробних площ. У пралісовому лісостані вибирали ділянку, яка загалом характеризувала весь об'єкт дослідження. У цьому характерному місці закладали пробну площу розміром 71×71 м (0,50 га) з позначенням по периметру дерев білою фарбою. Пробну площу поділяли на квадрати $12,8 \times 12,8$ м (всього 16 шт.), кути яких стали центром облікових площадок (всього 25 шт.) (рис. 1).

На кожній обліковій площадці закладали по три кругових проби (всього 75 шт. на пробній площі), серед яких 25 кругових проб мали площу по 5 м^2 , 25 кругових проб – по 10 м^2 і ще 25 кругових проб – по 20 м^2 . Радіус кругових проб уточнювали у випадку їхнього знаходження на схилі з урахуванням стрімкості.

Закладання облікових площадок та кругових проб відбувалось наступним чином. Від першого кута пробної площі від обох сторін відступали по 10 м. З цього місця закладали площадки

$12,8 \times 12,8$ м, кут якої слугував центром кругової проби. Діаметр 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) 4,9 см; 6) 5-5,9 см. За ступенем пошкодження підріст поділяли на три групи: 1) без пошкоджень; 2) з пошкодженнями; 3) пошкоджені дичиною. Дані вносили в облікову відомість.

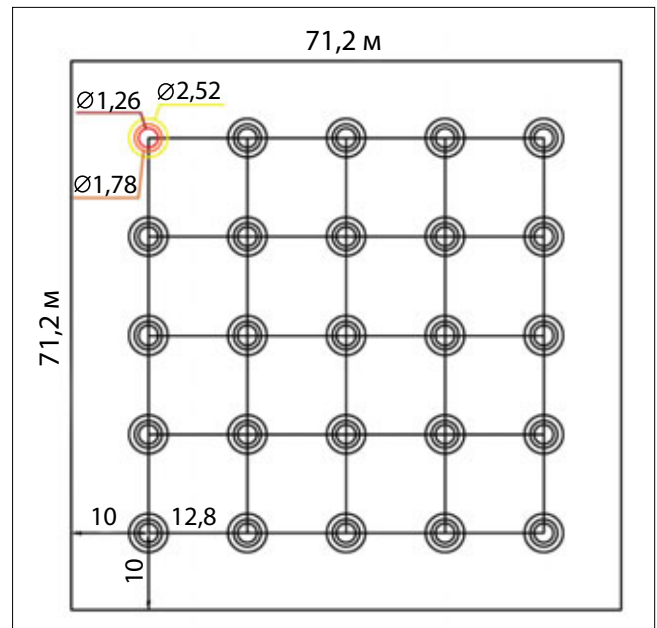


Рис. 1. Схема закладання облікових площадок і кругових проб на пробній площі

Fig. 1. The layout of the tally areas and circular plots in the sample plot

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); до 6,0 тис. шт.·га⁻¹ – незадовільний стан.

Окрім цього, для кожної облікової площадки визначали вихід на поверхню скельних утворень; характеристики поверхні ґрунту (модер, муля, перехідний тип); зімкнутість трав'яного вкриття (%); домінуючий вид травостою; затінення площадки (%).

В камеральних умовах у середовищі Excel визначали кількість дерев (N, шт./га), абсолютну повноту деревостану (G, м²/га), його середню висоту (H, м), середній діаметр (D, см) та запас стовбурової деревини (M, м³/га). Ці показники встановлювали окремо для живих стоячих дерев, сухих

стоячих дерев та свіжозвалених екземплярів I стадії розкладання.

Всього у смерекових пралісах було закладено п'ять пробних площ по 0,50 га кожна. В їхніх межах було закладено 125 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 375 кругових проб (по три в межах кожної облікової площадки).

Результати (Results). Вивчено лісівничі і таксаційні показники, а також здійснено облік підросту у п'яти пралісових смерекових угрупованнях за наведеною вище методикою. Досліджені лісостани від-

несено до формації ялини європейської (*Piceeta abietea*) субформації чистих ялинових лісів (*Piceeta*) (Голубець, 1978). Лісівничо-таксаційна характеристика смерекових пралісів наведена в табл. 1.

Так, досліджуваний смерековий праліс (ПП № 1) знаходиться на території лісового фонду Чивчинського ПНДВ в умовах вологої високогірної сусмеречини (C_3 -См). Насадження займає схил північної експозиції стрімкістю в межах 15-35°. Трапляються виходи на поверхню скальних порід. Площа лісостану становить 10,5 га, однак поряд знаходяться інші виділи з пралісовими угрупованнями подібного віку, загальна площа яких значно перевищує 20 га.

Таблиця 1. Лісівничо-таксаційна характеристика пралісових лісостанів *Picea abies* (L.) Karst. на території лісового фонду НПП «Верховинський»

Table 1. Forest-mensurational characteristics of primeval forests of *Picea abies* (L.) Karst. in the territory of the forest fund of the Verkhovynskyi National Nature Park (NNP)

№ ПП	Середній вік, років	Склад деревостану	Категорія дерев	N, шт./га	H _c , м	D _c , см	G, м ² /га	M, м ³ /га
Чивчинське ПНДВ; кв. 23, вид. 7, пл. 10,5 га, 1405 м н.р.м.								
1	170	10Яле	живі стоячі	268	29,6	43,1	39,01	471
			сухі стоячі	56	20,2	22,4	2,22	23
			лежачі I стадії розкладання	64	26,1	33,8	5,76	65
Разом				388		46,99	559	
Прикордонне ПНДВ; кв. 2, вид. 6, пл. 14,0 га, 1381 м н.р.м.								
2	140	10Яле	живі стоячі	370	27,9	43,5	55,00	616
			сухі стоячі	94	21,9	25,6	4,83	50
			лежачі I стадії розкладання	60	23,2	29,2	4,02	42
Разом				524		63,85	708	
Прикордонне ПНДВ; кв. 3, вид. 17, пл. 76,0 га, 1415 м н.р.м.								
3	160	10Яле	живі стоячі	332	29,8	43,7	49,72	603
			сухі стоячі	48	26,1	32,2	3,89	45
			лежачі I стадії розкладання	56	26,8	34,5	5,24	61
Разом				436		58,85	709	
Прикордонне ПНДВ; кв. 10, вид. 2, пл. 83,0 га, 1460 м н.р.м.								
4	170	10Яле	живі стоячі	578	24,3	33,8	51,89	592
			сухі стоячі			дані відсутні		
			лежачі I стадії розкладання			дані відсутні		
Разом				578		51,89	592	
Прикордонне ПНДВ; кв. 5, вид. 1, пл. 137,0 га, 1550 м н.р.м.								
5	180	10Яле	живі стоячі	572	21,1	31,2	43,71	423
			сухі стоячі			дані відсутні		
			лежачі I стадії розкладання			дані відсутні		
Разом				572		43,71	423	

Примітка. Пробні площі № 4 та № 5 закладено кандидатом с.-г. наук В. П. Лосюком та провідним науковим співробітником І. І. Коляджиним; таксаційні дані цих пробних площ опрацьовані магістром І. І. Шетелою під керівництвом професора, д.с.-г.н. В. В. Лавного

Смерековий лісостан природного походження не має слідів господарської діяльності. Деревостан двоярусний. Більша кількість дерев ялини знаходиться у першому ярусі (70-75%). Другий ярус значно рідший і за запасом займає в середньому 25-30% від загального запасу стовбурової деревини живих стоячих дерев. Склад насадження за ярусами – 7См3См. Вік лісостану становить в середньому 170 років, середня висота, залежно від категорії дерев – у межах 20,2-29,6 м, середній діаметр – 22,4-43,1 см, відносна повнота – 0,64 (рис. 2).



Рис. 2. Загальний вигляд смерекового пралісу у лісовому фонді Чивчинського ПНДВ (координати пробної площі № 1: точка № 1 (E 24051.105; N 47050.288); точка № 2 (E 24051.071; N 47050.251); точка № 3 (E 24051.016; N 47050.276); точка № 4 (E 24051.053; N 47050.299))

Fig. 2. The general view of the spruce primeval forest in the forest fund of the Chyvchyn Nature Protection Research Department (coordinates of sample plot No. 1: point No. 1 (E 24051.105; N 47050.288); point No. 2 (E 24051.071; N 47050.251); point No. 3 (E 24051.016; N 47050.276); point No. 4 (E 24051.053; N 47050.299))

Частка живих стоячих, сухих стоячих та лежачих свіжозвалених дерев I стадії розкладання становить, відповідно, 84; 4; 12%. У категорію сухих стоячих дерев входять переважно відсталі в рості екземпляри з найнижчими таксаційними показниками. Переважаюча більшість сухих стоячих дерев ялини відносяться до низьких (8-14 см) ступенів товщини, і лише окремі екземпляри – до високих (36-54 см). Загальна їхня кількість невелика і становить 56 шт. на 1 га.

Наявність 12% за запасом деревини лежачих дерев *Picea abies* I стадії розкладання зумовлена дією вітру і снігу. Лежачі дерева також відносяться переважно до низьких (10-18 см) ступенів товщини, хоча серед них трапляються екземпляри з доволі товстими стовбурами (40-56 см). Їх обліковано в кількості 64 шт. на 1 га.

У процесі філогенезу пралісові угруповання проходять певні фази розвитку, вивчення яких дає змогу моделювати і передбачати подальший розвиток природної екосистеми. Так, проф. Н. Leibund-

gut (1982) виділяв сім фаз розвитку пралісів – серед яких дуже важливими є три – старіння (*aging phase*), розпаду (*breakdown phase*) та відновлення (*rejuvenation phase*).

За результатами досліджень можна стверджувати, що пралісове угруповання на ПП № 1 ще не досягнуло стадії розпаду (*breakdown phase*), а знаходиться в стадії старіння (*aging phase*).

Захарашеність ділянки становить близько 10-15% за площею. Дерев, що лежать на землі, характеризуються різним ступенем розкладання, однак найбільшу частку становлять свіжозвалені дерева I стадії розкладання. Розташування дерев по площі ділянки відносно рівномірне, хоча повсюдно трапляються «вікна», а окремими місцями – значні за площею прогалини в осередках локальної дії вітровалів, сніговалів чи буреломів.

У насадженні добре розвинуте трав'яне вкриття, чому сприяє нерівномірне змикання крон дерев. Переважає *Vaccinium myrtillus* L., яка займає приблизно 30% площі ділянки. Окрім чорниці часто трапляються *Luzula sylvatica* (Huds.) Gaudin та *Athyrium filix-femina* (L.) Roth. Окремі екземпляри безщитника жіночого сягають дуже значних розмірів – довжина листків становить 70-80 см. По всій ділянці окремими осередками також поширена *Rubus idaeus* L.

У підліску трапляються *Ribes petraeum* Wulfen.

У насадженні наявний підріст *Picea abies* різного віку та висоти. Розташування його на ділянці нерівномірне. Основні місця зосередження дрібного підросту – мертва розкладена деревина. Рідко трапляється підріст *Sorbus aucuparia* L.

Успішність природного поновлення смереки оцінюється як добре (8,3 тис. шт.га⁻¹), з якого найбільшу частку (66%) займає підріст заввишки 10-39 см. Підріст заввишки 40-129 см займає 27% і лише невелика частка (7%) належить підросту висотою 130 см і більше (табл. 2). Пошкодження підросту ялини заввишки до 130 см, в т.ч. і дичиною, є незначним (менше 1%).

Найбільше підросту висотою 130 см і більше зосереджено у перших двох групах товщини, 14% з якого є пошкодженим. Переважно пошкодженою є верхівка рослини внаслідок падіння окремих фрагментів сухих стоячих дерев. Серед ялинового підросту трапляється невелика домішка підросту горобини діаметром до 0,9 см (табл. 3).

Досліджуваний смерековий праліс, де закладена ПП № 2, знаходиться у лісовому фонді Прикордонного ПНДВ. Хоча його площа становить лише 14,0 га, з ним межують перестійні смерекові лісостани, які також віднесено до пралісових угруповань. Площа пралісів у цьому локалітеті значно перевищує 20 га. Серед досліджених лісостанів це пралісове угруповання є наймолодшим (див. табл. 1). Насадження займає схил північно-західної експозиції стрімкістю в межах 10-20°.

Насадження природного походження без слідів господарської діяльності. Пробна площа знаходиться у верхів'ях р. Чорний Черемош. Деревостан

двоярусний. Більша кількість дерев *Picea abies* знаходиться у першому ярусі (75-80%). Другий ярус виражений слабше і за запасом стовбурової деревини займає в середньому 20-25% від загального запасу живих стоячих дерев. Склад деревостану за ярусами – 8См2См. Вік лісостану становить в середньому 140 років, середня висота, залежно від категорії дерев, змінюється в межах 21,9-27,9 м, середній діаметр – 25,6-43,5 см, відносна повнота – 0,78. Тип лісу – волога високогірна сушмеречина. За «Таксаційним описом» насадження відзначено як нормальне (рис. 3).

Порівняно з ПП № 1, молодший вік деревостану зумовив помітно більшу кількість дерев (в 1,4 рази), абсолютну повноту (в 1,4 рази) та запас стовбурової деревини (в 1,3 рази) живих стоячих дерев на 1 га. Частка живих стоячих, сухих стоячих та лежачих свіжозвалених дерев І стадії розкладання становить, відповідно, 87; 7 і 6%.

Ростучі дерева першого ярусу відзначаються доволі значною висотою, задовільним очищенням стовбурів від сучків. За зовнішніми ознаками, приблизно 70% дерев у лісостані можна віднести до категорії ділових.

У категорію сухих стоячих дерев входять переважно відсталі в рості екземпляри з найнижчими таксаційними показниками. Сухостійні дерева наявні в обох ярусах, але більша їхня кількість знаходиться у першому ярусі, оскільки він є домінуючим. Переважаюча більшість сухих стоячих дерев ялини відносяться до низьких (8-16 см) ступенів товщини, яких у деревостані є значна кількість. Лише окремі екземпляри сухих дерев відносяться до високих ступенів товщини (34-64 см). Їхня загальна кількість (94 шт./га), а також їхня частка (7%) дещо більші, ніж на ПП № 1, однак з огляду на загальний запас деревостану вона є незначною.

Таблиця 2. Кількість підросту *Picea abies* (L.) Karst. на облікових площадках кругових проб (№ 1 і № 2) за висотними групами в смерекових пралісах НПП «Верховинський» (шт. на ПП/на 1 га)

Table 2. The number of young growth plants of *Picea abies* (L.) Karst. in the tally area of circular sample plots (No. 1 and No. 2) by height groups in the spruce primeval forests of the Verkhovynskiy NNP (pcs per sample plot/per ha)

Деревна порода	Кругові проби (№ 1) з висотою підросту 10-39 см			Кругові проби (№ 2) з висотою підросту 40-129 см			Успішність природного поновлення
	без пошкодження	з пошкодженням	пошкодження дичиною	без пошкодження	з пошкодженням	пошкодження дичиною	
Пробна площа № 1, Чивчинське ПНДВ; кв. 23, вид. 7, пл. 10,5 га, 1405 м н.р.м.							
Ялина	68/5440	–	–	51/2040	3/120	1/40	Добра (2 клас якості)
Горобина	–	–	–	1/40	–	–	
Разом	68/5440	–	–	52/2080	3/120	1/40	
Пробна площа № 2, Прикордонне ПНДВ; кв. 2, вид. 6, пл. 14,0 га, 1381 м н.р.м.							
Ялина	16/1280	–	–	9/360	–	–	Незадовільна
Горобина	1/80	–	–	15/600	1/40	–	
Разом	17/1360	–	–	24/960	1/40	–	
Пробна площа № 3, Прикордонне ПНДВ; кв. 3, вид. 17, пл. 76,0 га, 1415 м н.р.м.							
Ялина	154/12320	–	–	147/5880	1/40	–	Добра (1 клас якості)
Горобина	–	–	–	6/240	–	–	
Разом	154/12320	–	–	153/6120	1/40	–	
Пробна площа № 4, Прикордонне ПНДВ; кв. 10, вид. 2, пл. 83,0 га, 1460 м н.р.м.							
Ялина	49/3920	–	–	32/1280	6/240	–	Задовільна
Горобина	–	–	–	–	–	–	
Разом	49/3920	–	–	32/1280	15/600	–	
Пробна площа № 5, Прикордонне ПНДВ; кв. 5, вид. 1, пл. 137,0 га, 1550 м н.р.м.							
Ялина	66/5280	–	–	43/1720	3/120	–	Добра (2 клас якості)
Горобина	–	–	–	3/120	–	–	
Разом	66/5280	–	–	46/1840	3/120	–	

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

Table 3. The number of young growth of *Picea abies* (L.) Karst. in the tally area of circular sample plot (No.3) by height groups in the spruce primeval forests of the Verkhovynskiy NNP (pcs per sample plot/per 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 № 1, Чивчинське ПНДВ; кв. 23, вид. 7, пл. 10,5 га, 1405 м н.р.м.												
Ялина	13/260	1/20	6/120	2/40	2/40	–	–	1/20	1/20	–	–	–
Горобина	7/140	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Разом	20/400	1/20	6/120	2/40	2/40	–	–	1/20	1/20	–	–	–
Пробна площа № 2, Прикордонне ПНДВ; кв. 2, вид. 6, пл. 14,0 га, 1381 м н.р.м.												
Ялина	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Горобина	2/40	1/20	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Разом	2/40	1/20	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Пробна площа № 3, Прикордонне ПНДВ; кв. 3, вид. 17, пл. 76,0 га, 1415 м н.р.м.												
Ялина	10/200	3/60	5/100	1/20	10/200	–	7/140	–	4/80	–	–	–
Горобина	11/220	1/20	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Разом	21/420	4/80	5/100	1/20	10/200	–	7/140	–	4/80	–	–	–
Пробна площа № 4, Прикордонне ПНДВ; кв. 10, вид. 2, пл. 83,0 га, 1460 м н.р.м.												
Ялина	22/440	2/40	8/160	2/40	4/80	–	3/60	1/20	4/80	–	2/40	–
Горобина	5/100	3/60	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Разом	27/540	5/100	8/160	2/40	4/80	–	3/60	1/20	4/80	–	2/40	–
Пробна площа № 5, Прикордонне ПНДВ; кв. 5, вид. 1, пл. 137,0 га, 1550 м н.р.м.												
Ялина	13/260	–	2/40	2/40	6/120	5/100	3/60	1/20	2/40	–	3/60	–
Горобина	2/40	2/40	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Разом	15/300	2/40	2/40	2/40	6/120	5/100	3/60	1/20	2/40	–	3/60	–

Лежачі (звалені вітром і снігом) дерева *Picea abies* I стадії розкладання в основному відносяться до низьких (12-20 см) і середніх (20-30) ступенів товщини. Невелика кількість лежачих дерев відноситься до високих (40-58 см) ступенів товщини. Загальна кількість лежачих дерев становить 60 штук на 1 га, що за часткою деревини становить лише 6% від загального запасу по лісостану в цілому. Більшість лежачих дерев є свіжозваленими (1-3 роки). Загалом лежачі дерева характеризуються різним ступенем розкладання, однак дерев з високим ступенем розкладання небагато.

Потрібно відзначити доволі високу повноту деревостану та його високу продуктивність, що зумовлено відносно невисоким віком деревостану. Лісостан знаходиться в стадії старіння (*aging phase*). Захарашеність ділянки невисока і становить менше 10% за площею.

На ділянці дерева розташовані загалом рівномірно. Поряд з цим, трапляються «вікна», а в окремих місцях ділянки – значні за площею прогалини, виникнення яких зумовлено вітровалами, сніговалами та вітроламами.

У насадженні добре розвинуте трав'яне вкриття, що може бути причиною незадовільного проходження процесу природного поновлення. Як і на ПП № 1, переважає *Vaccinium myrtillus* L., яка займає приблизно 60% площі ділянки. Окрім чорниці трапляються *Athyrium filix-femina* (L.) Roth., *Ficaria verna* Huds., *Oxalis acetosella* L. У «вікнах» і прогалинах трапляються *Senecio fuchsii* C.C. Gmelin, *Campanula carpatica* Jacq., *Urtica dioica* L., *Lactuca muralis* (L.) Gaertn., *Euphorbia amygdaloides* L., *Luzula pilosa* (L.) Willd. Трав'яне вкриття займає практично 100% площі пробної ділянки.



Рис. 3. Загальний вигляд смерекового пралісу у лісовому фонді Прикордонного ПНДВ (координати пробної площі № 2: точка № 1 (E 24052.798; N 47048.937); точка № 2 (E 24°52.847; N 47°48.926); точка № 3 (E 24°52.866; N 47°48.898); точка № 4 (E 24°52.796; N 47°48.896); висота верхньої точки ПП – 1386 м н.р.м., нижньої – 1376 м н.р.м.)

Fig. 3. General view of the spruce primeval forest in the forest fund of the Prykordonnyy Nature Protection Research Department (coordinates of sample plot No. 2: point No. 1 (E 24°52.798; N 47°48.937); point No. 2 (E 24°52.847; N 47°48.926); point No. 3 (E 24°52.866; N 47°48.898); point No. 4 (E 24°52.796; N 47°48.896); the altitude of the upper point of the sample plot is 1386 m above sea level, the lower one is 1376 m above sea level)

На ділянці також окремими осередками трапляється *Rubus idaeus* L. У підліску розповсюджені *Lonicera nigra* L. та *Rosa canina* L. Підлісок загалом розвинутий слабо.

Насадження характеризується слабким розвитком підросту *Picea abies* (L.) Karst. Окрім того, розташування його на ділянці нерівномірне. Основні місця зосередження дрібного підросту – мертва розкладена деревина. Рідко трапляється підріст *Sorbus aucuparia* L.

Забезпечення деревостану підростом *Picea abies* можна оцінити як незадовільне. Загальна його густота становить 2,4 тис. шт.·га⁻¹, з якого 56% займає підріст заввишки 10-39 см. Підріст заввишки 40-129 см займає 41% і зовсім незначна частка (3%) належить до підросту висотою 130 см і більше (див. табл. 2).

Підріст *Sorbus aucuparia* займає 5%, половина з якого є пошкодженою біотичними чинниками.

Підріст *Picea abies* висотою 130 см і більше відсутній. Виявлено лише 60 шт.·га⁻¹ підросту *Sorbus aucuparia* діаметром на висоті 1,3 м до 0,9 см, половина з якого є пошкодженою (див. табл. 3).

Незадовільне забезпечення пралісу підростом можна пояснити трьома причинами: високою відносною повнотою деревостану (0,8); входженням деревостану лише у стадію старіння; потужним розвитком трав'яного вкриття, яке займає майже 100% площі ділянки.

Смерековий праліс загальною площею 76,0 га, де закладена пробна площа № 3, також знаходиться у лісовому фонді Прикордонного ПНДВ. Незважаючи на таку велику площу, лісостан на ділянці є доволі подібним за таксаційними показниками. Деревостан природного походження без слідів господарської діяльності з відносно рівномірною зімкнутістю крон (рис. 4). Пробна площа знаходиться у верхів'ях р. Чорний Черемош.



Рис. 4. Загальний вигляд смерекового пралісу у лісовому фонді Прикордонного ПНДВ (координати пробної площі № 3: точка № 1 (E 24°52.493; N 47°48.154); точка № 2 (E 24°52.527; N 47°48.125); точка № 3 (E 24°52.480; N 47°48.100); точка № 4 (E 24°52.444; N 47°48.131); висота верхньої точки ПП – 1428 м н.р.м., нижньої – 1398 м н.р.м.)

Fig. 4. The general view of the spruce primeval forest in the forest fund of the Prykordonnyy Nature Protection Research Department (coordinates of sample plot No. 3: point No. 1 (E 24°52.493; N 47°48.154); point No. 2 (E 24°52.527; N 47°48.125); point No. 3 (E 24°52.480; N 47°48.100); point No. 4 (E 24°52.444; N 47°48.131); the altitude of the upper point of the sample plot is 1428 m above sea level, the lower one is 1398 m above sea level)

Як і на попередніх пробних площах, деревостан двоярусний. Більша кількість дерев *Picea abies* знаходиться у першому ярусі (75-80%). Другий ярус виражений слабше і за запасом стовбурової деревини живих стоячих дерев займає в середньому 20-25%. Загалом деревостан середньоповнотний, доволі продуктивний і відзначається високою біотичною стійкістю. Склад деревостану за ярусами – 8См2См. Середній вік деревостану становить 160 років.

Лісівничо-таксаційні показники деревостану подібні до таких на попередніх пробних площах. Середня висота, залежно від категорії дерев, знаходиться в межах 26,1-29,8 м, середній діаметр – 32,2-43,7 см, відносна повнота – 0,74, запас стовбурової деревини живих стоячих дерев – 603 м. куб. на 1 га. Тип лісу – волога високогірна сусмеречина. За «Таксаційним описом» насадження відзначено як нормальне. Лісостан займає схил південно-західної експозиції стрімкістю в межах 10-15°.

Ростучі дерева першого ярусу відзначаються доволі значною висотою, задовільним очищенням стовбурів від сучків. За зовнішніми ознаками, приблизно 80% дерев у лісостані можна віднести до категорії ділових.

Порівняно з ПП № 2, більший вік лісостану став причиною невеликого зменшення кількості живих дерев на ділянці, зниження абсолютної повноти та запасу стовбурової деревини (в 1,1 рази). В основному більшим є показник середнього діаметра сухих стоячих та свіжолежачих дерев. Частка живих стоячих, сухих стоячих та лежачих дерев І стадії розкладання по лісостану становить, відповідно, 85; 6 та 9%. Тобто наведене співвідношення цих категорій дерев дуже подібне до такого на пробній площі № 2.

Захаращеність ділянки невисока і становить менше 10% за площею. Цей показник має тенденцію до збільшення за рахунок стоячих сухостійних дерев, які впродовж року, особливо – взимку, можуть бути повалені вітром чи снігом. Проте внаслідок відносно невеликої кількості стоячих сухостійних дерев (48 шт./га) помітне збільшення захищеності ділянки не прогнозується.

Сухостійні дерева наявні у обох ярусах. Сухі стоячі дерева ялини спостережено як для низьких (12-16 см), так і для високих (40-60 см) ступенів товщини. Проте для такого значного віку лісостану сухостійних дерев обліковано відносно мало, що свідчить про доволі високу біотичну стійкість насадження. У насадженні наявна невелика частка дерев, повалених вітром і снігом. Лежачі (звалені вітром і снігом) дерева ялини відносяться як до низьких (12-22 см), так і середніх (24-38 см) та високих (42-54 см) ступенів товщини. Загальна кількість лежачих дерев І стадії розкладання становить 56 шт. на 1 га.

Потрібно відзначити доволі рівномірне розташування дерев на ділянці. Проте трапляються «вікна», а в окремих місцях ділянки – і цілі галявини, виникнення яких зумовлено вітровалами, сніговалами та вітроламами. Загалом лісостан досягнув стадії старіння (*aging phase*).

На ділянці добре розвинуте трав'яне вкриття, що може гальмувати проходження процесу природного поновлення. Переважає *Vaccinium myrtillus* L., яка займає приблизно 70% площі ділянки. Окрім чорниці трапляються *Athyrium filix-femina* (L.) Roth, та *Oxalis acetosella* L. У «вікнах» і прогалинах ростуть *Senecio fuchsii* C. C. Gmelin, *Luzula pilosa* (L.) Willd., *Carex sylvatica* Huds. Окремими осередками трапляється *Lycopodium clavatum* L. Трав'яне вкриття займає приблизно 80% території пробної площі.

На ділянці також трапляються окремі осередки *Rubus idaeus* L. У підліску виявлено лише *Lonicera nigra* L. та *Ribes petraeum* Wulfen. Підлісок загалом розвинутий слабо.

Цей праліс характеризується добрим розвитком підросту *Picea abies* та слабким – *Sorbus aucuparia*. Основні місця зосередження дрібного підросту – мертва розкладена деревина.

Успішність природного поновлення *Picea abies* можна оцінити як добре (1 клас якості). Загальна його густота становить 19,6 тис. шт./га⁻¹, з якого 63% займає підріст заввишки 10-39 см. Підріст заввишки 40-129 см займає 31% і лише невелика частка (6%) належить підросту висотою 130 см і більше. Підріст *Sorbus aucuparia* відноситься до висотних груп 40-129 см та 130 см і більше, у загальній кількості підросту займаючи незначну частку (див. табл. 2, 3).

Серед підросту висотою 130 см і більше (густина 1,0 тис. шт./га⁻¹) половину займає підріст горобини, 9% з якого є пошкодженим (об'їдені дичиною).

Високу забезпеченість пралісу підростом можна пояснити, насамперед, нерівномірною повнотою деревостану, що стало причиною появи «вікон» та прогалин з добрим світловим забезпеченням і стимулювало інтенсивний розвиток підросту. Ще однією причиною стала наявність значної кількості сильнорозкладеної деревини на ділянці, яка стала зосередженням появи значної кількості в основному дрібного підросту (10-39 см).

Смерековий праліс, де закладена пробна площа № 4, знаходиться в кв. 10, вид. 2 Прикордонного ПНДВ. Його площа становить 83,0 га в межах одного виділу. Виділ відноситься до одного із найбільших за площею виділів НПП «Верховинський». Лісостан природного походження без слідів господарської діяльності. Нижній його бік знаходиться поблизу верхів'я р. Чорний Черемош, а верхній – піднімається по схилу до вершини хребта. Пробна площа знаходиться у нижній частині виділу.

Ретельне обстеження деревостану показало, що в його складі можна виділити три яруси. Як звичайно, найбільша кількість дерев *Picea abies* знаходиться у першому ярусі (70%). Другий ярус значно рідший і за запасом займає не більше 20% від загального запасу стовбурової деревини. Третій ярус виражений слабо (близько 10% від загального запасу стовбурової деревини). Склад деревостану за ярусами – 7См2См1См. Насадження займає схил південно-східної експозиції стрімкістю в межах 15-20°. У верхній частині ділянки схил стрімкіший, досягаючи показника близько 30° (рис. 5).

Ростучі дерева першого ярусу відзначаються відносно значною висотою, задовільним очищенням стовбурів від сучків. За зовнішніми ознаками, приблизно 70% живих стоячих дерев у лісостані можна віднести до категорії ділових.

За «Таксаційним описом» насадження відзначено як нормальне з середнім віком у 170 років, середньою висотою 26 м та середнім діаметром 36 см. Фактичні значення висоти та діаметра є дещо меншими. Тип лісу – волога високогірна суслеречина. Середня висота над рівнем моря становить 1460 м. Верхня частина виділу знаходиться на висоті більше 1550 м н.р.м.

На час обстеження лісостан сильно розладнений вітровалами, сніговалами, буреломами. Приблизно 30% дерев є зваленими, а у верхній частині виділу – 40-50%. Повалені дерева відносяться до

всіх трьох ярусів – від найтонших і до найтовстіших, представляючи собою значну перешкоду для руху по ділянці.



Рис. 5. Загальний вигляд смерекового пралісу у лісовому фонді Прикордонного ПНДВ (координати центру пробної площі № 4: E 24°86.530; N 47°80.225)

Fig. 5. The general view of the spruce primeval forest in the forest fund of the Prykordonnyy Nature Protection Research Department (coordinates of the center of sample plot No. 4: E 24°86.530; N 47°80.225)

Іншою особливістю ділянки є значна кількість стоячих сухостійних дерев – в середньому 20-30% від їхньої загальної кількості. У зимовий період, а також під час сильного вітру в любу іншу пору року ці дерева будуть повалені і непрохідність ділянки значно збільшиться. Є всі підстави констатувати, що і за віком, і за впливом абіотичних чинників смерековий праліс досягнув фази розпаду (*breakdown phase*), після якої повинна настати фаза відновлення (*rejuvenation phase*).

Загалом можна констатувати, що візуально на ділянці наявні 50% живих дерев, 20% – сухих стоячих і 30% – повалених.

Захарщеність ділянки, згідно з даними «Таксаційного опису», становить 10%, тоді як на час обстеження вона становить не менше 30%. Захарщеність може збільшитися за рахунок стоячих сухостійних дерев, які впродовж зимового періоду можуть бути повалені вітром або снігом. Дерев, що лежать на землі, переважно свіжі (І стадія розкладання). Окремі дерева на ділянці мають значно вищу ступінь розкладання і є місцем зосередження рясного самосіву і підросту (рис. 6).

На ділянці переважає групове розташування дерев, повсюди трапляються «вікна» та значні за площею прогалини.

Під наметом деревостану добре розвинуте трав'яне вкриття, чому сприяє наявність значних за площею прогалин. Як і на інших пробних площах, переважає *Vaccinium myrtillus* L., яка займає приблизно 50% площі ділянки. Окрім чорниці, трапляються *Luzula sylvatica* (Huds.) Gaudin, *Athyrium filix-femina* (L.) Roth, листки якої досягають 60-80 см завдовжки, *Ficaria verna* Huds., *Carex sylvatica* Huds.,

Oxalis acetosella L. На ділянці також трапляються окремі осередки *Rubus idaeus* L. Підлісок розвинутий слабо, в його складі зафіксовано лише *Lonicera nigra* L.

У насадженні наявний підріст *Picea abies* та *Sorbus aucuparia* різного віку та висоти. Розташування його на ділянці нерівномірне. Основні місця зосередження самосіву та дрібного підросту – мертва розкладена деревина.

Успішність природного поновлення *Picea abies* можна оцінити як задовільне. Загальна його густота становить 6,9 тис. шт.·га⁻¹, з якого 57% займає підріст заввишки 10-39 см. Частка підросту заввишки 40-129 см становить 27%.



Рис. 6. Фрагмент підросту *Picea abies* (L.) Karst. на стовбурі поваленого дерева ялини сильного ступеня розкладання (пробна площа № 4)

Fig. 6. Fragment of young growth of *Picea abies* (L.) Karst. on the trunk of a fallen spruce tree with a strong degree of decomposition (sample plot No. 4)

Порівняно з попередніми дослідними об'єктами, підріст висотою 130 см і більше на ПП № 4 займає найбільшу частку – 16% (див. табл. 3), що можна пояснити досягненням деревостану фази розпаду. Наявність «вікон» та прогалин впродовж тривалого періоду часу стимулювало розвиток на ділянці великомірного підросту. Підріст такої висоти наявний у всіх шести групах товщини.

Варто відзначити значну пошкодженість підросту смереки (32%) у висотній групі 40-129 см. Основна причина – падіння окремих фрагментів із сухих стоячих дерев.

Підріст *Sorbus aucuparia* зафіксовано лише у висотній групі 130 см і більше з діаметром до 0,9 см. Його кількість не перевищує 100 шт.·га⁻¹, з яких більше половини пошкоджена дикими тваринами.

Площа смерекового пралісу, де закладена ПП № 5, становить 137,0 га в межах одного виділу. Це один із найбільших за площею виділів НПП «Верховинський». Насадження природного походження без слідів господарської діяльності, знаходиться у важкодоступному місці поблизу полонини Балтагура неподалік від українсько-румунського кордону. Пробна площа знаходиться у верхів'ї р. Чорний

Черемош. Насадження займає схил північно-західної експозиції стрімкістю в межах 15-20°.

Деревостан триярусний. Найбільша кількість дерев *Picea abies* знаходиться у першому ярусі (60%). Другий ярус помітно рідший і за запасом займає в середньому 25% від загального запасу стовбурової деревини. Третій ярус складають відсталі у рості дерева (близько 15% від загального запасу стовбурової деревини живих дерев). Сухостійні дерева наявні у всіх трьох ярусах, але найбільшу їхню кількість зафіксовано у першому ярусі. Є доволі висока частка повалених вітром і снігом дерев.

Склад деревостану за ярусами – 6См3См1См. За даними «Таксаційного опису» вік лісостану становить в середньому 180 років, середня висота – 23 м, середній діаметр – 32 см. Фактичні дані є дуже близькими. Тип лісу – волога високогірна сусмеречина. Насадження відзначене як мінусове (рис. 7).



Рис. 7. Загальний вигляд смерекового пралісу у лісовому фонді Прикордонного ПНДВ (координати центру пробної площі № 5: E 24°87.029; N 47°78.366)

Fig. 7. The general view of the spruce primeval forest in the forest fund of the Prykordonnyy Nature Protection Research Department (coordinates of the center of sample plot No. 5: E 24°87.029; N 47°78.366)

Ростучі дерева першого ярусу характеризуються доволі значною висотою, задовільним очищенням стовбурів від сучків. За зовнішніми ознаками, приблизно 60% дерев у лісостані можна віднести до категорії ділових.

Захаращеність ділянки становить близько 10-15% за площею. Вона може збільшитися за рахунок стоячих сухостійних дерев, які впродовж зимового періоду можуть бути повалені вітром або снігом. Дерев, що лежать на землі, характеризуються різним ступенем розкладання. На ділянці переважає групове розташування дерев, повсюди трапляються «вікна», а окремими місцями – значні за площею прогалини в осередках виникнення вітровалів і сніговалів.

Зважаючи на значний вік насадження та висоту над рівнем моря (1550 м) можна вважати, що цей деревостан знаходиться у задовільному санітарному стані, хоча і досягнув стадії розпаду (*breakdown*

phase). Є частина (близько 15% від запасу) сухостійних стоячих дерев, приблизно стільки ж повалених особин внаслідок негативної дії абіотичних чинників (вітровали, сніговали, буреломи).

У пралісі добре розвинуте трав'яне вкриття, чому сприяє нерівномірне змикання крон дерев. Переважає *Vaccinium myrtillus* L., яка займає приблизно 70% площі ділянки. Окрім чорниці трапляються *Luzula sylvatica* (Huds.) Gaudin, *Athyrium filix-femina* (L.) Roth, *Ficaria verna* Huds., *Carex sylvatica* Huds., *Oxalis acetosella* L. На ділянці також трапляються окремі осередки *Rubus idaeus* L. У підліску виявлено лише *Lonicera nigra* L.

У насадженні наявний підріст *Picea abies* та поодинокі – *Sorbus aucuparia* різного віку і висоти. Розташування його на ділянці нерівномірне. Основні місця зосередження дрібного підросту – мертва сильнопорозкладена деревина.

Успішність природного поновлення *Picea abies* можна оцінити як добре (2 клас якості). Загальна його густота становить 8,1 тис. шт.·га⁻¹, з якого 65% займає підріст заввишки 10-39 см. Підріст заввишки 40-129 см посідає 24%.

Як і на ПП № 4, ялиновий підріст висотою 130 см і більше наявний у всіх шести групах товщини, займаючи 11% від його загальної кількості на ділянці. Наявність на ділянці «вікон» та прогалин впродовж тривалого періоду часу стимулювало розвиток великомірного підросту.

Підріст *Sorbus aucuparia* зафіксовано у незначній кількості (близько 2%) у висотній групі 40-129 см та групі 130 см і більше з діаметром до 0,9 см. В останньому випадку половина підросту горобини є пошкодженою дикими тваринами.

Найбільше пошкодженого підросту ялини виявлено також у висотній групі 130 см і більше. Проте частка пошкодження незначна (менше 5%).

Під час проведення досліджень смерекових пралісів у високогір'ї Чивчино-Гринявських гір, І.І. Коляджиним та ін. (2017) були виявлені значні за площею локалітети *Pinus mugo* Турга., які дослідники назвали пракриволіссям. За результатами тривалих попередніх розвідок і пошуків, ці локалітети, внаслідок їхньої повної непрохідності та знаходження у важкодоступних місцях, не могли бути використані для потреб лісового та полонинського господарства.

Пракриволісся *Pinus mugo* розташовані в основному за висотною межею розповсюдження смерекових пралісів, піднімаючись схилами вгору до нижніх висотних меж субальпійських лук (полонин). Впродовж останніх майже двох десятиріч внаслідок відсутності випасання худоби, сосна гірська активно займає колишні гірські пасовища, поступово перетворюючи їх у непрохідні зарості.

І.І. Коляджиним та ін. (2017) виявлено чотири локалітети *Pinus mugo*, де з найбільшою вірогідністю могли сформуватись осередки пракриволісся цього деревного виду.

1. Паленицький локалітет пракриволісся *Pinus mugo*: найбільша за площею прилегла територія

навколо плоскогір'я Палениця (1749 м н.р.м.). Локалітет простягається від г. Команова (1734 м н.р.м.) до гори Гнітеса (1766 м н.р.м.), до верхньої межі полонин Венгерка, Веснарка, Гнітеса, Тропа і Балтагора.

2. Команський локалітет – пракриволісся *Pinus tugo* навколо г. Коман (1723 м н.р.м.).

3. Хітанський локалітет – пракриволісся *Pinus tugo* на вершині г. Хітанка (1631 м н.р.м.).

4. Пуруль-Пір'єський локалітет – пракриволісся *Pinus tugo* від г. Пуруль (1616 м н.р.м.) до підніжжя г. Пір'є (1590 м н.р.м.).

Поряд з цим, існування осередків пракриволісських сосни гірської потребує наукового обґрунтування і проведення додаткових спеціальних лісівничих досліджень, подібних до тих, які проводяться стосовно смерекових пралісів у Чивчино-Гринявських горах.

Вірогідна наявність пралісів *Pinus tugo* в Чивчино-Гринявських горах вперше була обговорена на Міжнародній науково-практичній конференції «Десятиріччя створення об'єкта Всесвітньої спадщини ЮНЕСКО “Букові праліси Карпат та давні букові ліси Німеччини”»: історія, стан та проблеми впровадження інтегрованої системи менеджменту», що проходила 26-29 вересня 2017 р. у м. Рахів Закарпатської області (Коляджин та ін., 2017).

Дискусія (Discussion). Праліси – лісові екосистеми (угруповання) значного віку, які виникли і розвиваються природним шляхом лише під впливом біотичних та абіотичних чинників, пройшовши повний цикл розвитку без будь-якого видимого антропогенного впливу. При цьому видова, вікова і просторова структури пралісових екосистем формувались колись і визначаються тепер виключно впливом чинників навколишнього середовища.

Саме на території НПП «Верховинський» у високогірній частині Карпат сформувалися смерекові праліси, які представляють собою клімаксові угруповання, що досягли у своєму розвитку стійкої відповідності з кліматичними умовами високогір'я. Впродовж останніх майже двох століть тут утворився кінцевий стабільний стан рослинного угруповання, що перебуває у рівновазі з довкіллям і склад якого є практично незмінним впродовж тривалого періоду часу.

Поряд з цим, ще й на сьогодні ведеться дискусія щодо виділення смерекових пралісів, насамперед, стосовно їхніх площ та місць зосередження цих цінних природних угруповань. Зокрема, на початку 2023 р. на засіданні Національної комісії Міндовкілля у справах ЮНЕСКО було запропоновано внести до Всесвітньої спадщини ЮНЕСКО праліси та старовікові хвойні ліси Карпат, як новий серійний транснаціональний об'єкт «Праліси та старовікові хвойні верхньогірні ліси Карпат». На нашу думку, така пропозиція є дуже доречною і перспективною. Адже включення унікальних пралісів і старовікових хвойних верхньогірних лісів Карпат до Всесвітньої спадщини ЮНЕСКО – це додаткові гарантії для захисту цих цінних територій від безпосереднього антропогенного впливу. Крім цього, такий

захід сприяв би виконанню міжнародних зобов'язань України у рамках євроінтеграції.

Навіть за відсутності прямого антропогенного втручання, праліси постійно перебувають під впливом біотичних та абіотичних природних чинників, які в комплексі з особливостями внутрішнього розвитку природних екосистем і визначають актуальний на сьогодні стан пралісових угруповань. Найсуттєвіше на стан смерекових пралісів впливають два чинники: *зміни клімату*, які трансформують лісорослині умови, що може призвести до зміни породного складу пралісу (Jump, Hunt, & Peñuelas, 2006; Дідух, Чорней, Буджак, 2016; Shukla et al., 2019; Шпарик, Криницький, Дебринюк, 2020) та *стихійні явища* (вітровали, сніголами, буреломи), які можуть зруйнувати ярусну структуру пралісу на значних площах (Калуцький, Олійник, 2007; Janda et al., 2014; Ю. С. Шпарик, Вітер, В. Ю. Шпарик, 2020).

З еколого-лісівничого погляду вплив кліматичних змін на всі природні екосистеми, в т.ч. і на смерекові пралісові угруповання є дуже суттєвим. Порівняльні екологічні дослідження свідчать, що в рослинному покриві найуразливішими до зміни клімату є саме лісові екосистеми, адаптація яких до кліматичних змін є тривалою і складною. Поряд з цим, зміни клімату (насамперед – потепління та зменшення кількості опадів, їхньої періодичності) зумовлять скорочення площ і навіть повне зникнення слабо адаптованих видів з вузькою екологічною амплітудою, до яких належить *Picea abies*. Разом зі зміною меж ареалів основних лісотвірних видів буде змінюватися і структура лісових екосистем та їхня біологічна продуктивність (Jump, Hunt, & Peñuelas, 2006; Cannone, Sgrobiati, & Guglielmin, 2007; Дідух, Чорней, Буджак, 2016; Shukla et al., 2019).

Спостережений нами обсяг сухоостою у смерекових пралісах можна віднести як на рахунок кліматичних змін, так і на рахунок настання фаз старіння та розпаду у природних угрупованнях. Проте потрібно брати до уваги, що клімат є найпотужнішим екологічним чинником, який впливає на всі компоненти біосфери – гідросферу, педосферу, атмосферу, біотосферу, соціосферу. Процеси глобального потепління в сучасний період є небезпечними для стабільного функціонування біосфери, в т.ч. і пралісових угруповань.

Із несприятливих умов природного середовища, які різко знижують стійкість і довговічність *Picea abies*, потрібно вказати на періодичне перезволоження та пересихання верхніх ґрунтових горизонтів, тривалі бездощові періоди впродовж вегетації, відсутність тривалого зимового спокою, наявність «вікон» і прогалів у деревостанах, особливо – у стиглих і перестійних (Дебринюк, 2011). 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% –

в горах. 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 порід 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, Криницький, Дебринюк, 2020). З продовженням кліматичних змін склад рослинних субформацій буде і надалі змінюватися природним шляхом. І хоча на висотах 1300-1500 м н.р.м. ці кліматичні зміни менш помітні, ніж у середньогірському поясах Українських Карпат, їхній негативний вплив все ж відчутно позначається на біотичній стійкості ялини європейської.

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. Наявність підросту є обов'язковою умовою ідентифікації пралісів.

Як зазначено вище, найкраще вивчено процес природного поновлення у букових пралісах (Парпан, Стойко, 1999; Commarmot, Brändli, Namor, Lavnyy, 2013; Манько, Войтків, Наконечний, 2019 та ін.) і з цього питання отримано цікаві результати. Проте природне поновлення в карпатських смерекових пралісах вивчено слабо. Таку ситуацію можна пояснити тим, що букові праліси внесено у світову спадщину ЮНЕСКО, і тому існує підвищена цікавість до їх вивчення.

Так, 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 у явора, ялиці та ялини, проте у фазі дорослих дерев трапляються поодинокі екземпляри перших двох через фітоценотичні особливості формування цих лісів.

За даними Ю.С. Шпарика, В.П. Лосюка, А.В. Плиги (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 породний 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 успішного проходження процесу природного поновлення.

Хоча наведені дані стосуються квазіпралісів, отримані нами дані щодо кількості підросту у смерекових пралісових угрупованнях доволі подібні (2,4-19,6 тис. шт.га⁻¹).

За результатами досліджень (Шпарик, Лосюк, Плига, 2021), розподіл кількості підросту за висотними групами на чотирьох об'єктах моніторингу відповідає класичному для пралісів – переважає дрібний (10-30) і середній (30-130) підріст, а

кількість великого (130-300) і дуже великого (вище 300 см) підросту незначна. І в цьому випадку можна констатувати подібність отриманих нами результатів досліджень, незважаючи на відмінності у використанні методики щодо виділення висотних груп підросту. За результатами наших досліджень, у висотних групах 10-39 та 40-129 см зосереджено 83-100% підросту.

Одним із компонентів пралісових угруповань є підлісок. У смерекових пралісах нами встановлено слабкий розвиток підліску, хоча для всіх досліджених об'єктів характерні наявність «вікон» і прогалів, що повинно би стимулювати розвиток підліскових видів. За результатами наших досліджень, під наметом смерекових деревостанів рідко трапляються *Ribes petraeum* Wulfen, *Lonicera nigra* L. та *Rosa canina* L. Основна причина полягає у значній висоті над рівнем моря, де розвиток підліску лімітується особливостями клімату.

Незважаючи на розташування у значно сприятливіших лісорослинних умовах, слабкий розвиток підліску характерний і для букових пралісів. Так, за даними П.М. Устименка та ін. (2012), висока тінистість букових лісостанів не сприяє поширенню у них кущів і формуванню підліску. Лише на ділянках з розрідженим вітровалами деревостаном (0,5-0,7) на вологих ґрунтах формується густий підлісок із *Rubus hirtus* Waldst. et Kit. та надземний покрив із переважанням різних видів папоротей.

Значна тінистість і наявність товстого шару підстилки у букових пралісах також не сприяє розвитку трав'яного вкриття, флористичний склад якого є дуже бідним і представлений малою кількістю екземплярів кожного виду. 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 горизонті з підземними вегетативними органами трав'яних рослин. Тому флористичний склад букових лісів представлений видами, що пристосувалися до специфічного екологічного режиму (Устименко та ін., 2012).

На відміну від букових, у смерекових пралісах добре розвинуте трав'яне вкриття, чому сприяє нерівномірне змикання крон дерев. Переважає *Vaccinium myrtillus* L., яка займає в середньому 50-60% площі досліджених пралісових угруповань (в межах від 30 до 70%). Окрім чорниці трапляються *Luzula sylvatica* (Huds.) Gaudin, *Athyrium filix-femina* (L.) Roth, *Ficaria verna* Huds., *Carex sylvatica* Huds., *Oxalis acetosella* L. Особливо рясне трав'яне вкриття в межах «вікон» і прогалів.

У наукових роботах часто розглядаються 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, Войтків, Наконечний, 2019).

Потрібно зазначити, що всі ділянки зі смерековими пралісами в НПП «Верховинський» віднесені до заповідної зони. Однак, на думку С.М. Стойка (2002), для підвищення надійної охорони пралісів потрібно в системі природно-заповідного фонду виділити спеціальну категорію «пралісовий резерват». Вірогідно, така пропозиція є слушною у випадку, коли до «пралісового резервату» відносити лише ті частини пралісів, які виявляють високу стійкість до негативного впливу різних абіотичних та біотичних чинників, а також до опосередкованих антропогенних (напр., повітряні емісії шкідливих речовин). Найцінніші ділянки пралісів повинні бути закриті для доступу відвідувачів, окрім науковців та працівників природоохоронних установ (Лавний, Заяць, 2007).

Висновки (Conclusions). У сучасних умовах значного антропогенного навантаження на ліси і глобальної зміни клімату важливо зберегти праліси як осередки незайманої природи із розробленням концептуальних засад щодо їхнього збереження та подальшого функціонування.

Стабільному функціонуванню смерекових пралісів НПП «Верховинський» існують загрози *абіотичні* (зміни клімату, вітровали, сніговали, буреломи), *біотичні* (пошкодження комахами та ураження патогенами), *антропогенні* (повітряні емісії, прокладання мережі лісових доріг і туристичних маршрутів поблизу ділянок з пралісами, пожежі тощо). Тому з метою збереження унікальних пралісових угруповань доцільно клопотати про включення смерекових пралісів Карпат до списку Всесвітньої природної спадщини ЮНЕСКО. Невідкладним завданням є продовження здійснення наукових досліджень унікальних пралісових смерекових екосистем.

Забезпечення смерекових пралісів підростом на одному дослідному об'єкті (ПП № 3) оцінено як добре (1 клас якості, 19,6 тис. шт.га⁻¹); на двох об'єктах (ПП № 1 та № 5) – як добре (2 клас якості, 8,3 та 8,1 тис. шт.га⁻¹, відповідно); на одному об'єкті (ПП № 4) як задовільне (6,9 тис. шт.га⁻¹); на одному об'єкті (ПП № 2) як незадовільне (2,4 тис. шт.га⁻¹).

Три із досліджених пралісових угруповань (ПП № 1, № 2 та № 3) досягли стадії старіння (*aging phase*), два (ПП № 4 та № 5) – стадії розпаду (*break-down phase*). Можна попередньо узагальнити, що інтенсивність проходження процесу природного поновлення не залежить від стадії розвитку пралісу, а визначається повнотою деревостану, кількістю «вікон» і прогалин у наметі, розвитком трав'яного кривтя.

Розподіл підросту *Picea abies* за висотними групами (10-39; 40-129; 130 см і більше) становить, відповідно, 56-66%; 27-41%; 3-16%. Підріст *Sorbus aucuparia* займає незначну частку у загальній кількості підросту (до 5%). Близько половини підросту деревного виду пошкоджено дикими тваринами.

Частка пошкодженого підросту ялини є незначною (менше 5%). Основна причина полягає у пошкодженні верхівок молодих рослин падаючими фрагментами із сухостійних стоячих дерев або падінням самих дерев.

Загалом можна заключити, що процес природного поновлення у смерекових пралісах НПП «Верховинський», які досягли стадії старіння або стадії розпаду, проходить задовільно.

Список літератури (References)

- Гамор, Ф.Д. (2011). Біосферні резервати і сталий розвиток Карпат. *Зелені Карпати*, 1-2, 8-10 [Gamor, F.D. (2011). Biosphere reserves and sustainable development of the Carpathians. *Green Carpathians*, 1-2, 8-10. Retrieved from <http://cbr.nature.org.ua/zk/zk2011.pdf>] (in Ukrainian)
- Гамор, Ф.Д., Довганич, Я.О., Покинчереда, В.Ф., Сухарюк, Д.Д., Бундзяк, Й.Й., Беркела, Ю.Ю., ... Кабаль, М.В. (2008). *Праліси Закарпаття. Інвентаризація та менеджмент*. Рахів: Карпатський біосферний заповідник. [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*. Rakhiv: Carpathian Biosphere Reserve] (in Ukrainian)
- Голубец, М.А. (1978). *Ельники Украинских Карпат*. Київ: Наукова думка [Golubets, M.A. (1978). *Spruce forests of the Ukrainian Carpathians*. Kyiv: Scientific thought] (in Russian)
- Волошук, І. (2004). Праліси – найцінніший скарб Європи. *Зелені Карпати*, 1-2, 10-11 [Voloshchuk, I. (2004). Primeval forests are the most valuable treasure of Europe. *Green Carpathians*, 1-2, 10-11. Retrieved from <http://cbr.nature.org.ua/zk/zk2004.pdf>] (in Ukrainian)
- Дебринюк, Ю.М. (2011). Відмирання ялинових лісів: причини та наслідки. *Науковий вісник Українського державного лісотехнічного університету*, 21(16), 32-38 [Debryniuk, Yu. M. (2011). Dieback of the spruce forests: causes and onsequences. Scientific bulletin of the Ukrainian State Forestry University, 21(16), 32-38. Retrieved from http://nltu.edu.ua/nv/Archive/2011/21_16/index21_16.htm] (in Ukrainian)
- Дебринюк, Ю.М., Зеленчук, Я.І., Коляджин, І.І., Лосюк, В.П. (2016). Смерекові праліси Чивчино-Гринявських гір як еталон природної лісової екосистеми. Матеріали міжнарод. наук.-практ. конф. з нагоди XXIII Міжнарод. гуцул. фестивалю та відзнач. 45-річчя Програми ЮНЕСКО «Людина і біосфера» (Рахів, 2-4 вересня 2016 р.). Хмельницький: ФОП Петришин. С. 98-103 [Debryniuk, Y.M., Zelenchuk, Y.I., Kolyajin, I.I., & Losyuk, V.P. (2016). Spruce primeval forests of the Chivchyno-Hrynayvsky Mountains as a standard of the natural forest ecosystem. Proceedings of the international scientific and practical conference on the occasion of the XXIII International Hutsul Festival and commemoration of the 45th anniversary

- of the UNESCO Program «Man and the Biosphere» (Rakhiv, September 2-4, 2016). Khmelnytskyi: FOP Petryshyn, 98-103] (in Ukrainian)
- Дідух, Я. П., Чорней, І. І., Буджак, В. В. (2016). *Кліматогенні зміни в рослинному світі Українських Карпат*. Чернівці: Друк арт [Didukh, J. P., Chorney, I. I., & Budzhak, V. V. (2016). *Climatogenic changes in the plant world of the Ukrainian Carpathians*. Chernivtsi: Druk art] (in Ukrainian)
- Іваненко, І., Парчук, Г. (2008). Правові засади охорони пралісів в Україні та їх значення для створення національної екомережі. *Зелені Карпати*, 1-2, 31-32 [Ivanenko, I., & Parchuk, G. (2008). Legal principles of protection of primeval forests in Ukraine and their significance for the creation of a national eco-network. *Green Carpathians*, 1-2, 31-32. Retrieved from <http://cbr.nature.org.ua/zk/zk2008.pdf>] (in Ukrainian)
- Інструкція з проектування, технічного приймання, обліку та оцінки якості лісокультурних об'єктів (2010). Київ: Державний комітет лісового господарства України [Instruction on design, technical acceptance, accounting and quality assessment of forestry objects (2010). Kyiv: State Committee of the State Forest Service of Ukraine. Retrieved from http://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page.html?id_doc=62052] (in Ukrainian)
- Калуцький, І. Ф., Олійник, В. С. (2007). *Стихійні явища в гірсько-лісових умовах Українських Карпат (вітровали, наводки, ерозія ґрунту)*. Львів: Камула [Kalutsky, I. F., & Oliynyk, V. S. (2007). *Natural disturbance in the mountain and forest conditions of the Ukrainian Carpathians (windthrow, floods, soil erosion)*. Lviv: Kamula] (in Ukrainian)
- Коляджин, І. І., Зеленчук, І. М., Зітенюк, А. М., Зеленчук, Я. І., Осадчук, Л. С. (2017). Соснове пракиволісся – біологічно-стійка екосистема високогір'я Чивчино-Гринявських гір. *Десятиріччя створення об'єкта Всесвітньої спадщини ЮНЕСКО «Букові праліси Карпат та давні букові ліси Німеччини»: історія, стан та проблеми впровадження інтегрованої системи менеджменту*: матеріали міжнародної науково-практичної конференції, м. Рахів, 26-29 вересня 2017 р. Львів: Растр-7, С. 160-170 [Kolyazhin, I. I., Zelenchuk, I. M., Zytyenyuk, A. M., Zelenchuk, Y. I., & Osadchuk, L. S. (2017). The pine elfinwood is a biologically stable ecosystem of the highlands of the Chivchyno-Hrnyav Mountains. *The tenth anniversary of the creation of the UNESCO World Heritage site "Primeval beech forests of the Carpathians and ancient beech forests of Germany": history, state and problems of the implementation of an integrated management system*: proceedings of the international scientific and practical conference, 160-170. Rakhiv, September 26-29. Lviv: Rastr-7]
- Лавний, В. В., Заяць, М. В. (2007). Праліси Закарпаття – світова цінність, що потребує державної охорони. *Лісівнича академія наук України: Наукові праці*, 5, 71-74 [Lavnyy, V. V., & Sayats, M. V. (2007). Virgin forests of the Transcarpathian region – global value that needs public protection. *Forestry Academy of Sciences of Ukraine: Scientific Works*, 5, 71-74. Retrieved from <http://fasu.nltu.edu.ua/index.php/nplanu/article/view/598>]
- Лавний, В. (2008). Стратегія природоохоронного менеджменту пралісових екосистем в Українських Карпатах. *Зелені Карпати*, 1-2, 33-35 [Lavnyy, V. (2008). Strategy of environmental protection management of primeval forest ecosystems in the Ukrainian Carpathians. *Green Carpathians*, 1-2, 33-35. Retrieved from <http://cbr.nature.org.ua/zk/zk2008.pdf>] (in Ukrainian)
- 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 [Manko, A., Voitkiv, P., & Nakonechnyi, Y. (2019). Virgin forests as environmental, educational and scientific object of the Ukrainian Carpathians. *Visnyk of the Lviv University: Series Geography*, 53, 210-219. <http://dx.doi.org/10.30970/vgg.2019.53.10668>] (in Ukrainian)
- Парпан, В. І., Стойко, С. М. (1999). Букові праліси Українських Карпат: охорона та ценотична структура. *Наукові записки Інституту народознавства НАН України*, 4, 81-86 [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] (in Ukrainian)
- Праліси в центрі Європи. Путівник по лісах Карпатського біосферного заповідника (2003) / за ред. У.-Б. Бренді, Я. Довганича. Бірменсдорф, Швейцарський федеральний інститут дослідження лісу, снігу і ландшафтів; Рахів, Карпатський біосферний заповідник [Forests in the center of Europe. Guide to the forests of the Carpathian Biosphere Reserve (2003). Brändli, U.-B., & Dowhanytsch, J. (Eds.). Birmensdorf, Eidgenössische Forschungsanstalt WSL; Rachiw, Karpaten-Biosphärenreservat. Bern, Stuttgart, Wien, Haupt] (in Ukrainian)
- Стойко, С. М. (2013). Букові праліси Карпат як об'єкт світової природної спадщини ЮНЕСКО. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 11, 17-24 [Stoyko, S. M. (2013). Beech primeval forests of the Carpathians as the object of world heritage list. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 11, 17-24. Retrieved from <http://fasu.nltu.edu.ua/index.php/nplanu/article/view/320/240>] (in Ukrainian)
- Стойко, С. М. (2002). Пралісові екосистеми України, їх багатогранне значення та охорона. *Лісівнича академія наук України: Наукові праці*, 1, 27-31 [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] (in Ukrainian)
- Сухарюк, Д. Д. (2006). Букові праліси Карпатського біосферного заповідника (поширення, ценотична структура, та моніторинг). *Науковий вісник Ужгородського університету: Серія біологічна*, 19, 91-95 [Sukharyuk, D. D. (2006). Beech primeval forests of the Carpathian Biosphere Reserve: distribution,

- coenotic structure and monitoring. *Scientific bulletin of Uzhgorod University: Biological series*, 19, 91-95. Retrieved from <https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/bitstream/lib/pdf> (in Ukrainian)
- 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 [Ustymenko, P. M., Dubyna, D. V., Ziman, S. M., Tjakh, 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. Retrieved from https://geobot.org.ua/files/publication/466/chbj_2012_8_4_3.pdf (in Ukrainian)]
- Чернявський, М. В. (1999). Букові праліси як еталони лісів майбутнього Українських Карпат. *Науковий вісник УкрДЛІТУ: дослідження, охорона та збагачення біорізноманіття*, 99, 173-179 [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] (in Ukrainian)
- Чернявський, М. В., Шпільчак, М. Б. (2011). *Природний заповідник «Горгани»*. Івано-Франківськ: Фоліант [Chernyavskyy, M. V., & Shpylchak, M. B. (2011). «Gorgany» Nature Reserve. Ivano-Frankivsk: Foliant] (in Ukrainian)
- Шпарик, Ю. С., Вітер, Р. М., Шпарик, В. Ю. (2020). Структурні зміни букового (*Fagus sylvatica* L.) пралісу в контексті кліматично орієнтованого лісівництва. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*, 11(1), 87-97 [Shparyk, Y. S., Viter, R. V., & Shparyk, V. Y. (2020). Structural changes of the common beech (*Fagus sylvatica* L.) virgin forest in the context of climate-oriented forestry. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*, 11(1), 87-97. <http://dx.doi.org/10.31548/forest2020.01.087>] (in Ukrainian)
- Шпарик, Ю. С., Коммармот, Б., Беркела, Ю. Ю. (2010). *Структура букового пралісу Українських Карпат*. Снятин: Прут-принт [Shparyk, Yu. S., Kommarmot, B., & Berkela, Yu. Yu. (2010). *The structure of the beech primeval forest of the Ukrainian Carpathians*. Snyatyn: Prut-print] (in Ukrainian)
- 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 [Shparyk, Y. S., Krynytskyu, H. T., & Debryniuk, Yu. 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>] (in Ukrainian)
- Шпарик, Ю. С., Лосюк, В. П., Плига, А. В. (2021). Стан і структура пралісів Українських Карпат за результатами моніторингу. *Наукові праці Лісівни-*
- чої академії наук України*, 22, 77-88 [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>] (in Ukrainian)
- Шпарик, Ю., Чернявський, М., Кагало, О., Бондарук, Г., Понепольяк, М., Форгіль, Я., ... Волосянчук, Р. (2018). *Критерії та методика ідентифікації старовікових лісів і пралісів*. Ужгород: Карпати [Shparyk, Yu., Chernyavskyy, M., Kagalo, O., Bondaruk, G., Ponopolyak, M., Forgil, Ya., ... Volosyanchuk, R. (2018). *Criteria and Methodology of Old Growth and Virgin Forest identification*. Uzhhorod: Carpathians. Retrieved from https://d2ouvy59p0dg6k.cloudfront.net/downloads/3_methodology_ogf_virgin_forests.pdf] (in Ukrainian)
- 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)
- Commarmot, B., Brändli, U.-B., Hamor, F., Lavnyy, V. (2013). *Inventory of the Largest Primeval Beech Forest in Europe. A Swiss-Ukrainian Scientific Adventure*. Birmensdorf: Swiss Federal Research Institute WSL; Lviv: Ukrainian National Forestry University; Rakhiv: Carpathian Biosphere Reserve.
- Commarmot, B., Hamor, F. D. (2005). *Natural Forests in the Temperate Zone of Europe – Values and Utilization*. Birmensdorf: Swiss Federal Research Institute WSL.
- Janda, P., Svoboda, M., Bače, R., Čada, V., Lynn, J., & Peck, 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(15), 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.
- Korpel, S. (1995). *Die Urwälder der Westkarpaten*. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag [Korpel, S. (1995). *The virgin forests of the Western Carpathians*. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag] (in German)
- Leibundgut, H. (1982). *Europäische Urwälder der Bergstufe*. Bern, Stuttgart: Haupt Verlag [Leibundgut, H. (1982). *European primeval forests of the mountain stage*. Bern, Stuttgart: Haupt Verlag] (in German)
- Shukla, P. R., Skea, J., Slade, R., van Diemen, R., Haughey, E., Malley, J., Pathak, M., Portugal Pereira, J. (eds.), (2019). *Technical Summary. 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*. Retrieved from https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/4/2019/11/03_Technical-Summary-TS.pdf

Effectiveness of natural regeneration in spruce primeval forests of the Verkhovynskyi National Nature Park

V. Debryniuk¹, M. Nechai², I. Kolyazhin³, V. Lavnyy⁴

In modern conditions of significant anthropogenic pressure on forests and global climate change, it is important to preserve primeval forests as centers of primary nature with the development of conceptual foundations for their conservation and functioning.

The objects (sites) of investigation were located in the forest fund of the Verkhovynskyi National Nature Park, the territory of which is the most remote and difficult to access in the Ukrainian Carpathians. Five sample plots of 0.50 ha each were laid out in the spruce primeval forests. Within their boundaries, 125 tally areas were laid (25 in each sample plot) for accounting the young growth under the canopy of the spruce forests. In addition, 375 circular sample plots (three within each tally area) were laid for direct accounting of young growth by height groups.

The trees were tallied in three categories: live standing trees; dead standing trees; down trees of the 1st stage of decomposition. The investigated 140-180-year-old primeval forests of *Picea abies* (L.) Karst. grow in the conditions of a high-altitude, pure fairly fertile spruce forest type at an altitude of 1,300-1,500 m above sea level. The stock of stemwood of live and dead standing trees was in the range of 423-709 m³·ha⁻¹.

Provision of the spruce primeval forests with young growth at one object of investigation (Sample plot No.3) was assessed as good (site class 1, 19.6 thousand pcs·ha⁻¹); at two objects (Sample plots No.1 and No.5) – as good (site class 2, 8.3 and 8.1 thousand pcs·ha⁻¹, respectively); at one site (Sample plot No.4)

as satisfactory (6.9 thousand pcs·ha⁻¹); at one object (Sample plot No.2) as unsatisfactory (2.4 thousand pcs·ha⁻¹).

Three of the investigated primeval forest communities (Sample plots No. 1, No. 2, and No. 3) have reached the aging phase, two forest communities (Sample plots No.4 and No.5) have reached the breakdown phase. It is possible to tentatively generalize that the intensity of the process of natural renewal does not depend on the stage of the primeval forest development, but is determined by the density of the forest stand, the number of gaps in the canopy, and the development of the grass cover.

The distribution of *Picea abies* young growth by height groups (10-39; 40-129; 130 cm and more) is, respectively, 56-66%; 27-41%; 3-16%.

The young growth of *Sorbus aucuparia* L. occupies a small share in the total amount of young growth (up to 5%). About half of the rowan young growth is damaged by wild animals. The proportion of damaged spruce young growth is insignificant (less than 5%). The main cause is damage to the tops of young plants by falling fragments from dead standing trees or by the fall of the trees themselves.

Spruce primeval forests have a well-developed grass cover, which is promoted by the uneven closure of tree crowns. *Vaccinium myrtillus* L. predominates, it occupies an average of 50-60% of the area of the investigated primeval forest communities (ranging from 30 to 70%). In addition to blueberries, there are *Luzula sylvatica* (Huds.) Gaudin, *Athyrium filix-femina* (L.) Roth, *Ficaria verna* Huds., *Carex sylvatica* Huds., *Oxalis acetosella* L. Grass cover is especially abundant within the clearings and gaps.

In the spruce primeval forests, weak undergrowth development is observed, although the presence of gaps is characteristic of all the studied objects, which should have stimulated the undergrowth development. *Ribes petraeum* Wulfen, *Lonicera nigra* L. and *Rosa canina* L. are rarely found under the canopy of the spruce stands. The main cause is the high altitude above sea level, where the development of the undergrowth is limited by the climate.

In general, the process of natural regeneration in the spruce primeval forests of the Verkhovynskyi NNP, which have reached the aging phase or the breakdown phase, is progressing satisfactorily.

There are threats to the stable functioning of the primeval spruce forests of the Verkhovynskyi NNP: abiotic factors (climate changes, wind throws, snowfalls, windbreaks), biotic factors (damage by insects and pathogens), anthropogenic factors (atmospheric emissions, construction of a network of forest roads and tourist routes near areas with primeval forests, fires, etc.). Therefore, in order to preserve the unique primeval forest communities, there is a high expediency of including them in the list of spruce primeval forests of the Carpathians of the UNESCO World Heritage List.

Key words: *Picea abies* (L.) Karst.; forest-mensurational indicators; tally areas; circular samples; climax communities; forest science.

¹ *Vasyl Debryniuk* – master's degree, Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprinka st., Lviv, 79057, Ukraine. Phone: +38-095-879-80-37. E-mail: 22v.debryniuk@ntu.lviv.ua ORCID: <http://orcid.org/0009-0005-3522-2652>. Research supervisor – Doctor of Agricultural Sciences, Professor Vasyl Lavnyy

² *Mykhailo Nechai* – Director of the National Nature Park “Verkhovynskyi”, Candidate of Agricultural Sciences, village Verkhniy Yaseniv, Verkhovyna district, Ivano-Frankivsk region, 78712, Ukraine. Phone: 03432-5-37-20, +38-097-711-04-60. E-mail: nppverhovuna@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-4479-2307>

³ *Ivan Kolyazhin* – Leading research worker at the research department of the Verkhovynskyi National Nature Park, the village of Verkhniy Yaseniv, Verkhovynskyi district, Ivano-Frankivsk region, 78712, Ukraine. Postgraduate student at the Department of Botany, Wood Science and Forest Resources, Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprinka st., Lviv, 79057, Ukraine. Phone: +38-097-812-98-54. E-mail: ivan_ko@i.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6790-7051>

⁴ *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. Phone: +38-098-859-72-07. E-mail: lavnyy@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2069-9026>. Head of the project on the study of primeval forests.



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

<http://fasu.nltu.edu.ua>
<https://doi.org/10.15421/412305>

Article received 2023.11.17
Article accepted 2023.11.23

ISSN 1991-606X print
ISSN 2616-5015 online

@ ✉ Correspondence author
Anatoliy Zhezhkun
desna-90@ukr.net

90 Ivana Bohuna st., Novgorod-Siverskyi, 16000, Ukraine

УДК 630*221.23

Групо-поступові рубки у сосняках Східного Полісся як важлива складова організації наближеного до природи лісівництва

А. М. Жежкун¹

Наведено результати проведення групо-поступових рубок у стиглих соснових деревостанах Східного Полісся України. У перший прийом групо-поступових рубок формували «вікна» діаметром 0,5; 0,7; 1,0 і 1,5 середньої висоти соснових деревостанів. Лісовідновна смуга деревостану, що прилягала до «вікон», становила 0,5 від їхнього діаметра. У «вікнах» вирубали всі дерева, а у лісовідновній смузі – розріджували деревостан до повноти 0,4-0,5. Після проведення рубки восени або навесні проводили сприяння природному поновленню способом розпушування ґрунту дисковими культиваторами або прокладанням борозен плугами. За умови задовільного насіннєношення сосняків у перший рік у «вікнах» відновлювалося від 20 до 190 тис. шт. $\cdot \text{га}^{-1}$ самосіву *Pinus sylvestris* L. Впродовж наступних 3-5 років залишалося від 13 до 65 тис. шт. $\cdot \text{га}^{-1}$ підросту і 2-7 тис. шт. $\cdot \text{га}^{-1}$ – самосіву сосни звичайної та інших деревних видів, що надавало підставу для проведення наступного прийому групо-поступової рубки.

У другий прийом групо-поступової рубки «вікна» розширювали на величину 0,5 від їхнього попереднього розміру та розріджували деревостан у лісовідновній смузі. Зберігали наявний підріст сосни та проводили сприяння природному поновленню. Впродовж першого року після другого прийому рубки відновлювалося від 12 до 72 тис. шт. $\cdot \text{га}^{-1}$ самосіву сосни. Найкращу освітленість зафіксовано у північній та східній частинах «вікон», де і зберіглася найбільша кількість самосіву деревного виду. Кількість підросту сосни після проведення другого прийому рубки становила від 8 до 13 тис. шт. $\cdot \text{га}^{-1}$, що було достатньо для призначення кінцевого прийому групо-поступової рубки.

У процесі проведення групо-поступової рубки формуються природні різновікові соснові деревостани мішаного складу зі східчастою зімкненістю лісового намету. Групо-поступові рубки є дієвим лісівничим заходом наближеного до природи лісівництва, що потребує їх поширення у соснових деревостанах Східного Полісся України.

Ключові слова: сосна звичайна; прийом рубки; технологія лісосічних робіт; «вікна» відновлення; лісовідновна смуга; підріст; самосів; успішність лісовідновлення.

Вступ (Introduction). Наближене до природи лісівництво – це комплекс лісгосподарських заходів, скерованих на забезпечення постійного існування лісу на лісових землях, збереження біорізноманіття, формування стійких цінних природних різновікових деревостанів, покращення корисних функцій лісів за економічно ефективного ведення лісового

господарства (Криницький та ін., 2014; Mason et al., 2022; Xianfeng et al., 2021; Zhezhkun et al., 2023).

Одним із важливих заходів наближеного до природи лісівництва є групо-поступові рубки (ГПР) (Лавний, Шпатгельф, 2017). Під час їх запровадження деревостани розріджують та зрубують у декілька прийомів окремими групами (Алексеев, 1927;

¹ Жежкун Анатолій Миколайович – член-кореспондент Лісівничої академії наук України, доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, директор ДП «Новгород-Сіверська лісова науково-дослідна станція» Українського науково-дослідного інституту лісового господарства та агролісомеліорації імені Г. М. Висоцького, вул. Богуна, 90, м. Новгород-Сіверський Чернігівської обл., 16000, Україна. Тел.: 04658-3-16-23. E-mail: desna-90@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1431-8944>

Правила рубок ..., 2009; Жежкун, 2013). Групово-поступові рубки належать до рубок головного користування (РГК) та проводяться у стиглих лісових насадженнях експлуатаційної категорії лісів.

Під час проведення першого прийому групово-поступових рубок збільшується приріст за діаметром у дерев, залишених до наступних прийомів рубки, посилюється насінноношення (в 1,2-1,8 рази) порівняно з незрідженим лісовостаном (контроль) (Ромашов, 1971), поліпшується вологозабезпеченість соснових лісовостанів (витрати вологи на 18-31% менші, порівняно з контролем) (Михович та ін., 1971). За таких сприятливих умов активізується проростання насіння, збільшується збережаність та покращується ріст самосіву і підросту деревних видів. Так, у стиглому сосняку свіжого дубово-соснового субору впродовж двох років після першого прийому ГПР густота дворічного самосіву *Pinus sylvestris* L. у «вікнах» становила 25-50 тис. шт. · га⁻¹ (Ромашов, 1971).

До недоліків ГПР належить пошкодження дерев, залишених до наступних прийомів рубки (до 7% під час тракторного трелювання). Збільшення трудових і грошових витрат на проведення ГПР, порівняно з суцільнолісовою рубкою, зумовлено вищими розцінками на лісосічні роботи (на 15-20%), меншим виходом ділової деревини, більшими витратами на відведення лісосік (Ромашов, 1971; Жежкун, 2013).

Під час проведення групово-поступових рубок формується горизонтальна структура лісів з контактною розміщенням дерев, що сприяє відновленню та росту різновікового підросту сосни звичайної (Тарнопільська, Манойло, Пономарев, 2010). Відтворення різновікових лісів природного походження мішаного складу відповідає вимогам наближеного до природи лісівництва (Лавний, Шпатгельф, 2017; Mason et al., 2021). Застосування групово-поступових рубок та інших способів поступової системи рубок, порівняно з суцільною, дає змогу краще адаптувати лісові екосистеми до кліматичних змін (Straupe, Sadauskis, 2022; Brichta et al., 2023).

Групово-поступові рубки, що розпочаті у лісах України в минулі роки, залишилися не завершеними, що пояснюється довготривалим терміном їх проведення (Жежкун, 2021). Літературних даних щодо проведення групово-поступових рубок у лісовостанях Східного Полісся нами не виявлено. Тому, вивчення особливостей групово-поступових рубок у соснових лісовостанях та успішності лісовідновлення визначає актуальність здійснених досліджень.

Мета досліджень – вивчити особливості та оцінити успішність проходження процесу природного лісовідновлення упродовж циклу проведення групово-поступових рубок у соснових лісовостанях.

Об'єкти та методика досліджень (Objects and methods). Об'єкт дослідження – соснові лісовостани, що призначені у групово-поступову рубку в умовах Східного Полісся України. Предмет дослідження – процеси лісовідновлення, збереженість

та ріст підросту сосни звичайної після проведення групово-поступової рубки.

Дослідження проводили у стиглих соснових лісовостанях експлуатаційної категорії лісів Поліської зони Лівобережної України (Східне Полісся) у межах Чернігівської області. Дослідні ділянки для проведення групово-поступових рубок були закладені у 2014-2019 роках. Виконання ГПР запроєктовано у три прийоми. Для вивчення успішності лісовідновлення закладали «вікна», завширшки 0,5, 0,7, 1,0, 1,5 від середньої висоти лісовостанів, у місцях скупчення підросту, а також і в інших місцях, рівномірно розташованих на ділянці. Вдovж периферії кожного «вікна» закладали лісовідновну смугу, завширшки у половину його діаметра. У перший прийом ГПР у рубку призначали всі дерева, що ростуть у межах майбутнього «вікна». У лісовідновній смузі вилучали сухостійні, фаутні, ослаблені дерева всіх порід, а також дерева осики, берези повислої, дуба звичайного та сосни звичайної з розлогими кронами до встановлення повноти 0,4-0,5 (за принципами рівномірно-поступової рубки). У наступний прийом ГПР «вікна» розширювали на 0,5 від їхньої ширини за принципами суцільної рубки, а у відновлювальній смузі – рівномірно-поступової рубки. У кінцевий третій прийом вилучали всі або залишали окремі (насінні) дерева сосни звичайної материнського лісовостану.

Технологія лісосічних робіт передбачала попереднє зрубвання підліску, вилучення небезпечних дерев. Звалювання дерев, обрізання гілок та сучків проводили бензопилами, трелювання хлестів, напівхлестів або лісоматеріалів по технологічних коридорах завширшки 5 м до верхнього складу – колісними тракторами з трелювальним пристроєм ПТБ-4,5. Порубкові залишки складали у купи (3 × 3 м і заввишки до 1,5 м) не ближче 5 м від дерев, що ростуть, чи груп підросту, залишали на перегнивання або спалювали у пожежобезпечний період. У наступні прийоми ГПР під час розширення «вікон» дерева звалювали і трелювали по периферії розширених «вікон» для максимального збереження підросту сосни звичайної та інших цінних видів. «Вікна» з'єднували технологічними коридорами 5 м завширшки.

Детальні дослідження здійснювали на постійних пробних площах (ППП), закладених за методичними вимогами (СОУ 02.02.-37-476, 2006) з урахуванням розміру «вікна», утвореного за весь цикл рубки. Для визначення лісовничо-таксаційних показників соснових лісовостанів на ППП використовували довідкові матеріали (Білоус та ін., 2021). Рясність видів живого надґрунтового вкриття визначали за Г.М. Висоцьким (Жежкун, 2021).

Категорію санітарного стану дерев визначали згідно з чинними вимогами (Санітарні правила..., 1995). За результатами обліків розраховували середню категорію (індекс) санітарного стану лісовостану загалом. Облік насіння сосни звичайної, що потрапило на поверхню ґрунту, здійснювали методом насіннемірів (Лось та ін., 2017).

Під час обліку виділяли одно- та дворічний самосів деревних видів. Підріст за віком поділяли на три групи: трирічний; 4-8 років; 9-15 років. Облік підросту і самосіву деревних видів проводили на облікових площадках (1 × 1 м) та смугах завширшки 2 м і завдовжки – відповідно до розміру «вікна» у поперечнику, закладених у «вікнах» за сторонами горизонту (північ, схід, південь, захід) та поміж «вікнами». У кожній з цих частин вимірювали освітленість люксметром ТКА-Люкс у липні опівдні у малоохмарні дні. Оцінку успішності відновлення лісу здійснювали за розробленими нормативами (Інструкція з проектування..., 2010; Жежжун, 2021).

Результати (Results). У стиглому сосняку свіжого соснового бору (кв. 7, вид. 6, площа 4,4 га Бондарівського л-ва ДП «Остерський військовий лісгосп», (тепер – Косачівське л-во філії «Чернігівський лісгосп» ДП «Ліси України») інтенсивність першого прийому ГПР становила 55 м³·га⁻¹ (14% запасу). Рубку проведено у грудні 2019 р. з утворенням «вікон» завширшки у поперечнику 19,5; 26,0 та 39 м або 0,7, 1,0 і 1,5 середньої висоти деревостану. Площа «вікон» становить, відповідно, 300, 530 та 1194 м². Частка ділової деревини становила 83,1%. У березні 2020 р. у «вікнах» проведено сприяння природному поновленню шляхом розпушування ґрунту культиватором КЛБ-1,7 з трактором МТЗ-82 в 1-2 сліди (частка мінералізації ґрунту – 100%).

У стиглому сосняку вологого сугрудуватого дубово-соснового субору (кв. 43, вид. 3, пл. 2,4 га Тупичівського л-ва філії «Городнянський лісгосп» ДП «Ліси України») закладено по два «вікна» діаметром 19,5, 25 та 38 м. Інтенсивність рубки (липень-серпень 2014 р.) становила 107 м³·га⁻¹ (24% запасу). Обсяг вилученої деревини у «вікнах» завширшки 38 м був у 2,3 рази більшим, ніж у «вікнах» завширшки 1,0 висоти деревостану та у 3,4 рази – порівняно з цим показником у «вікнах», завширшки 0,7 висоти деревостану. Разом з лісовідновними смугами обсяг вилученої деревини у «вікнах» завширшки 1,5 висоти деревостану був більшим за вище згадану послідовністю у 2,0 та 3,4 рази. Восени 2014 р. проведено сприяння природному поновленню шляхом прокладання борозен плугом ПКЛ-70 з трактором МТЗ-82. Борозни прокладали на відстані 2,5 – 4 м одна від одної завглибшки 10-12 см. Частка мінералізації ґрунту – 50-60%.

У сосняку свіжого дубово-соснового субору (кв. 20, вид. 7.3, пл. 6, 7 га Батуринського л-ва ДП «Борзнянський лісгосп», тепер – філія «Ніжинський лісгосп» ДП «Ліси України») перший прийом ГПР здійснили у листопаді – грудні 2015 року. На ділянці було сформовано 22 «вікна», що мали розмір у поперечнику 13,0 м (ППП 16-Бат), 19,5 м (ППП 15-Бат), 26,0 м (ППП 14-Бат) та 39,0 м (ППП 13-Бат) або відповідно: 0,5; 0,7; 1,0 та 1,5 висоти деревостану (табл. 1).

Таблиця 1. Лісівничо-таксаційні показники деревостанів на постійних пробних площах у кв. 20, вид. 7.3 Батуринського лісництва

Table 1. Forest-mensurational indicators of stands in permanent sample plots in compartment 20, subcompartment 7.3 of the Baturyn forest district

№ ППП	Площа	Склад, од.	Середні			Повнота		Густота, шт.·га ⁻¹	Запас, м ³ ·га ⁻¹
			Вік, років	Висота, м	Діаметр, см	Абсолютна, м ² ·га ⁻¹	Відносна		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
до рубки, 08.08.2014 р.									
13-Бт	0,74	10Сз	87	25,0	27,4	28,94	0,65	484	327
після I прийому ГПР, інтенсивністю 14,8% запасу, 28.06.2016 р.									
13-Бт	0,74	10Сз	88	25,2	28,0	24,93	0,56	402	278
станом на 12.10.2019 р.									
13-Бт	0,74	10Сз	92	26,1	30,6	28,38	0,65	386	335
після II прийому ГПР, інтенсивністю 63% запасу, 08.05.2021 р.									
13-Бт	0,74	10Сз	93	26,0	29,9	10,75	0,24	153	124
до рубки, 08.08.2014 р.									
14-Бт	0,336	10Сз	87	24,4	25,8	29,19	0,67	556	323
після I прийому ГПР, інтенсивністю 21,1% запасу, 28.06.2016 р.									
14-Бт	0,336	10Сз	88	24,5	26,7	22,80	0,52	414	254
станом на 12.10.2019 р.									
14-Бт	0,336	10Сз	92	25,4	28,7	26,26	0,59	405	309

Продовж. табл. 1
Continuation of Table 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
після II прийому ГПР, інтенсивністю 37,6% запасу, 08.05.2021 р.									
14-Бт	0,336	10Сз	93	25,5	28,8	17,02	0,38	262	193
до рубки, 08.08.2014 р.									
15-Бт	0,19	10Сз	87	25,9	29,8	33,31	0,74	511	384
після I прийому ГПР, інтенсивністю 15,9% запасу, 28.06.2016 р.									
15-Бт	0,19	10Сз	88	26,1	30,2	27,84	0,62	387	323
станом на 12.10.2019 р.									
15-Бт	0,19	10Сз	92	26,4	31,1	27,96	0,62	368	387
після II прийому ГПР, інтенсивністю 44,3% запасу, 08.05.2021 р.									
15-Бт	0,19	10Сз	93	26,4	31,6	18,38	0,41	232	216
до рубки, 08.08.2014 р.									
16-Бт	0,09	10Сз	87	27,1	33,7	36,68	0,81	411	437
після I прийому ГПР, інтенсивністю 11,1% запасу, 28.06.2016 р.									
16-Бт	0,09	10Сз	88	27,1	33,7	31,76	0,70	356	389
станом на 12.10.2019 р.									
16-Бт	0,09	10Сз	92	27,3	34,7	33,67	0,74	356	416
після II прийому ГПР, інтенсивністю 43,7% запасу, 08.05.2021 р.									
16-Бт	0,09	10Сз	93	27,0	33,6	19,70	0,44	222	234

Загалом у перший прийом ГПР з ділянки вилучено 42 м³·га⁻¹ або 10% запасу деревостану. У результаті вилучення відмерлих та ослаблених дерев у лісовідновній смузі санітарний стан деревостанів поліпшився. Середня категорія санітарного стану дерев сосни на ППП змінилася з 1,3 до 1,1. У процесі проведення рубки було збережено наявні групи

підросту. У «вікнах» проведено сприяння природному поновленню шляхом розпушування ґрунту культиватором КЛБ-1,7 або прокладання плужних борозен плугом ПКЛ-70 на початку квітня 2016 року.

Упродовж п'яти років відбувся інтенсивний процес природного лісовідновлення у «вікнах» групово-поступових рубок (табл. 2, рис. 1).

Таблиця 2. Вікова структура та кількість підросту і самосіву деревних видів упродовж п'яти років після першого прийому групово-поступової рубки

Table 2. Age structure and the number of advance growth and self-sowing of tree species during the 5-year period after the first cut of group-shelter wood felling

№ «вікна»	Діаметр «вікна», м	Спосіб сприяння	Кількість підросту (тис. шт.·га ⁻¹) за деревними видами та віком									
			Сз						Дз 5 р.	Бп 5 р.	Ос 5 р.	Врк 5 р.
			1 р.	2 р.	3 р.	4-8 рр.	9-15 рр.	переведено до 4-8 рр.				
1	39,0	Смуги	1,3	0,2	0,4	49,8	2,5	50,3	0,2	0,1	5,9	0,1
2	26,0	Смуги	2,2	0,5	0,5	26,3	–	27,2	0,1	0,1	4,7	–
3	19,5	Смуги	2,4	2,1	1,3	14,6	–	17,0	0,1	–	–	–
4	13,0	Смуги	5,6	1,5	1,0	17,7	–	20,0	0,2	–	1,9	–
5	13,0	Борозни	11,8	1,7	1,2	35,2	–	38,7	0,2	–	0,4	–
19	39,0	Борозни	2,1	2,2	0,7	56,2	–	58,1	0,2	0,7	0,9	0,1

У січні-лютому 2021 р. проведено другий прийом групово-поступової рубки. Діаметр кожного «вікна», що були утворені після першого прийому рубки, збільшили у 1,5 рази: з 13,0 до 19,5 м; з 19,5 до 29,3 м; з 26,0 до 39,0 м; з 39,0 до 58,5 м. Залишену частину деревостану розрідили до повноти 0,4.

На ділянці площею 6,7 га заготовлено: ділової деревини – 581 м³, дров'яної – 106 м³, разом ліквіду – 687 м³ (в середньому – 102,3 м³·га⁻¹ або 23,2% від початкового запасу). Найбільша інтенсивність другого прийому ГПР запроваджена на ППП 13-Бт (63,1% запасу) з найбільшим розміром «вікон» (див. табл. 1). У результаті проведення другого прийому ГПР санітарний стан деревостанів на ППП поліпшився (середня категорія санітарного стану сосни змінилася з 1,6-1,9 до 1,3-1,5).



Рис. 1. Різновіковий підріст *Pinus sylvestris* у «вікні» групово-поступової рубки у кв. 20, вид. 7.3 Батуринського лісництва

Fig. 1. Uneven-aged natural regeneration of pine trees in the gap of group-shelterwood felling in compartment 20, subcompartment 7.3 of the Baturyn forest district

Підріст сосни був частково пошкоджений по периферії «вікон» та у лісовідновних смугах (до 7% від кількості). Домінуючими пошкодженнями були обламання бокових гілок та поодинокі – обламання верхівки.

За схемою дослідів, на більшій частині ділянки 07.05.2021 р. проведено розпушування ґрунту агрегатом МТЗ-82+КЛБ-1,7 на глибину 3-5 см.

Кут нахилу дисків – до 10°. Мінералізацію ґрунту здійснювали на місцях розширення «вікон» та поміж «вікнами» (частка – 70%). Варто зазначити, що основна маса насіння випадає з шишок сосни до середини квітня.

Прокладання борозен («вікна» №5, 19 та ін.) було проведено ще пізніше (11 травня) агрегатом МТЗ-82+КЛБ-1,7 на глибину 12-15 см. Зроблено припущення, що холодний та вологий період у квітні-травні сприяв продовженню випадання насіння з шишок і затримував пересихання ґрунту. Так, за даними метеостанції ДП «Новгород-Сіверська ЛНДС», вночі 1.06.2021 р. температура повітря становила +5°C, а о 8 год вранці – +8°C.

Натомість у другій половині червня температура повітря стрімко підвищилась. Для прикладу, опівдні 25.06.2021 р. температура повітря становила +34°C, а в другій половині дня та вночі падав дощ. Поєднання тепла і вологи сприяли появі сходів сосни звичайної. У «вікнах» різного діаметра кількість самосіву була помітно різною (табл. 3).

Таблиця 3. Кількість 1-річного самосіву сосни звичайної у «вікнах» після другого прийому групово-поступової рубки на облікових площадках (1×1 м), штук

Table 3. The number of 1-year-old self-sowing of Scots pine in the gaps after the 2-nd cut of group-shelterwood felling in the inventory plots (1×1 m), pcs

Дата обліку	Кількість самосіву сосни звичайної у «вікнах» діаметром, м					
	№1 (58,5)	№2 (39,0)	№3 (29,3)	№4 (19,5)	№5 (19,5)	№19 (58,5)
25.06.2021	31	15	16	11	11	7
13.08.2021	28	12	11	11	11	5
09.10.2021	20	5	7	9	4	5

Вимірювання освітленості 09.07.2021 року виявило найвищі показники також у «вікні» №1 з найбільшим поперечником (табл. 4).

Таблиця 4. Освітленість самосіву сосни у «вікнах» станом на 09.07.2021 р.

Table 4. Illumination of self-sowing pine in the gaps as of 07 July 2021

Вимірювання у частинах «вікон»	Освітленість (Лк·10 ³) самосіву сосни у «вікнах»				
	№1	№2	№3	№4	поміж «вікнами»
Північна	115	94	108	103	59
Центральна	108	98	107	108	80
Південна	100	92	40	28	74
Середнє	107,7±4,33	94,7±1,76	85,0±2,25	79,7±2,59	71,0±6,25

Найменша освітленість у «вікнах» діаметром менше 29 м виявлена в їх південній частині, що пояснюється затіненням стіною лісу. Різниця середньої освітленості у «вікнах» №1 і №2 є істотною на

95%-му рівні значущості ($t_{op} = 2,78 > t_{kp} = 2,73$), а порівняно з вікнами №3 і №4 вона не істотна. У «вікнах» діаметром 58,5 м і 39,0 м та поміж «вікнами» (під наметом, повнотою 0,4) різниця в освітленні є

істотною на 95%-му рівні значущості, а для «вікон» №3 і №4 (діаметром відповідно 29,2 і 19,5 м) – не істотною. Тобто у «вікнах» менших розмірів освітленість подібна до умов під наметом розрідженого деревостану.

Упродовж вегетаційного періоду кількість одnorічного самосіву сосни зменшилась у 1,4-3 рази (див. табл. 4). Потрібно зазначити, що всі площадки обліку у «вікнах» з розріджуванням (№1-№4) були закладені у південно-східних частинах, а у «вікнах» з прокладанням борозен (№5 і №19) – у центральних і крайніх до стін лісу борознах. Восени 2021 р. проведено облік самосіву та підросту деревних порід (табл. 5).

Після проведення другого прийому ГПР повнота соснових деревостанів на постійних пробних площах становила 0,24-0,40 (див. табл. 1). За таких умов стійкість деревостанів до дії сильних вітрів знижується. Зокрема після буревію, що відбувся у травні 2022 р., виявлено пошкодження частини залишених дерев (табл. 6).

Наприкінці вегетаційного періоду 2023 р. проведено повторні обліки підросту та самосіву сос-

ни звичайної на ділянці групово-поступової рубки (табл. 7).

Під час проведення другого прийому ГПР поміж утворених «вікон» проводили розріджування залишеної частини деревостану до повноти 0,4-0,5. Сприяння природному поновленню сосни звичайної на цій частині ділянки проводили культиватором КЛБ-1,7, агрегатованого трактором МТЗ-82. Однак, за наявності ростучих дерев та інших перешкод для руху агрегату, мінералізація ґрунту становила лише 20-30% від площі ділянки. Тому, облік підросту сосни, порівняно з відновленням у «вікнах», показав інший результат (табл. 8). Зокрема, кількість 1-річного самосіву сосни поміж «вікнами» є дещо більшою, ніж у межах «вікон» після другого прийому ГПР. Зі збільшенням віку кількість самосіву та підросту сосни поміж «вікнами» зменшується. Чисельність 3-річного підросту сосни у «вікнах» є на 6,5-9,7 тис. шт.·га⁻¹ більшою, ніж поміж суміжними «вікнами». Підріст сосни вікової групи 4-8 років поміж «вікнами» або взагалі відсутній, або його чисельність у 2-4 рази менша, ніж у «вікнах».

Таблиця 5. Кількість самосіву та підросту деревних порід, що відновилися після другого прийому групово-поступової рубки (станом на 05.10.2021)

Table 5. The number of self-sowing and advance growth of tree species that have regenerated after the 2-nd cut of group-shelterwood felling (as of 05 October 2021)

№ «вікна»	Діаметр «вікна», м	Спосіб сприяння	Кількість самосіву та підросту за деревними видами та віком, тис. шт.·га ⁻¹ (чисельник – життєздатного, знаменник – відмерлого)							
			Сз, років					Дз, 1 рік	Бп, 1 рік	Ос, 1 рік
			1	2	3	4	5			
1	58,5	Смуги	$\frac{72,39}{0,21}$	$\frac{0,42}{0}$	$\frac{0,21}{0}$	–	–	–	–	$\frac{0,42}{0}$
2	39,0	Смуги	$\frac{33,89}{0}$	$\frac{0,33}{0}$	–	–	–	–	–	$\frac{0,28}{0}$
3	29,2	Смуги	$\frac{15,83}{0,42}$	$\frac{0,42}{0}$	$\frac{1,67}{0}$	$\frac{0,42}{0}$	–	–	–	–
4	19,5	Смуги	$\frac{24,00}{1,00}$	$\frac{1,00}{0}$	$\frac{2,00}{0}$	–	–	–	–	–
5	19,5	Борозни	$\frac{11,90}{0}$	–	–	–	–	$\frac{0,60}{0}$	–	–
19	58,5	Борозни	$\frac{52,46}{0,01}$	$\frac{0,79}{0}$	$\frac{0,61}{0}$	–	$\frac{1,49}{0}$	$\frac{1,67}{0}$	$\frac{0,17}{0}$	$\frac{0,01}{0}$

Таблиця 6. Кількість пошкоджених дерев сосни звичайної внаслідок буревію (станом на 28.07.2022)

Table 6. Damage to Scots pine trees due to a hurricane (as of 28 July 2022)

Види пошкоджень дерев	ППП 13-Бат		ППП 14-Бат		ППП 15-Бат		ППП 16-Бат	
	N, шт.·га ⁻¹	M, м ³ ·га ⁻¹	N, шт.·га ⁻¹	M, м ³ ·га ⁻¹	N, шт.·га ⁻¹	M, м ³ ·га ⁻¹	N, шт.·га ⁻¹	M, м ³ ·га ⁻¹
Вітровал	4	5,7	–	–	5	4,9	–	–
Нахил стовбура	8	5,1	3	0,7	–	–	–	–
Вітролом	4	5,5	–	–	–	–	–	–
Злом гілок у кроні	3	4,2	6	4,4	10	8,5	11	10,4

Таблиця 7. Чисельність підросту та самосіву деревних видів, що відновилися після другого прийому групово-поступової рубки (станом на 25.09.2023)

Table 7. The number of advance growth and self-sowing of tree species that have regenerated after the 2-nd cut of group-shelterwood felling (as of 25 September 2023)

№ «вікна»	Розмір «вікна», м	Спосіб сприяння	Кількість підросту і самосіву за деревними видами та віком, тис. шт.·га ⁻¹ (чисельник – життєздатного, знаменник – відмерлого)						
			Сз, років				Дз	Бп	Ос
			4-8	3	2	1	3 роки	3 роки	3 роки
1	58,5	Смуги	$\frac{2,29}{-}$	$\frac{7,19}{0,73}$	$\frac{4,06}{0,21}$	$\frac{0,94}{0,21}$	$\frac{0,10}{-}$	$\frac{0,21}{-}$	$\frac{1,88}{-}$
2	39,0	Смуги	$\frac{0,79}{-}$	$\frac{12,50}{-}$	$\frac{1,97}{-}$	$\frac{1,05}{-}$	$\frac{0,26}{-}$	-	$\frac{0,66}{-}$
3	29,2	Смуги	$\frac{2,40}{-}$	$\frac{13,80}{-}$	$\frac{2,60}{-}$	$\frac{1,80}{-}$	$\frac{0,20}{-}$	-	$\frac{0,20}{-}$
4	19,5	Смуги	$\frac{1,00}{-}$	$\frac{12,75}{-}$	$\frac{0,75}{-}$	-	$\frac{0,25}{-}$	-	$\frac{0,25}{-}$
5	19,5	Борозни	$\frac{1,70}{-}$	$\frac{8,00}{-}$	$\frac{2,40}{-}$	$\frac{0,70}{-}$	$\frac{0,40}{-}$	-	$\frac{0,50}{-}$
19	58,5	Борозни	$\frac{0,51}{-}$	$\frac{7,06}{-}$	$\frac{1,58}{-}$	$\frac{0,60}{-}$	$\frac{0,51}{-}$	$\frac{0,50}{-}$	$\frac{0,30}{-}$

Таблиця 8. Чисельність підросту та самосіву деревних видів, що відновилися поміж «вікнами» після другого прийому групово-поступової рубки (станом на 25.09.2023)

Table 8. The number of advance growth and self-sowing of tree species that have regenerated between the gaps after the 2-nd cut of group-shelterwood felling (as of 25 September 2023)

Частина деревостану по периферії «вікна», №	Розмір «вікна», м	Кількість підросту і самосіву (тис. шт.·га ⁻¹) деревних видів за віком (років)						
		Сосна звичайна				Дуб звичайний		
		4-8	3	2	1	3	2	1
1	58,5	-	0,75	2,25	3,00	-	-	-
2	39,0	0,25	3,75	2,50	5,00	-	-	-
3	29,2	0,25	6,00	2,25	2,00	0,25	0,50	0,50
4	19,5	-	2,25	2,25	-	1,00	-	-
5	19,5	-	0,40	0,30	0,10	-	0,10	0,10
19	58,5	0,60	0,60	-	-	0,20	-	-

Дискусія (Discussion). Процес лісовідновлення після проведення групово-поступових рубок у сосняках різних типів лісу відбувався з певними особливостями.

У сосняку свіжого соснового бору за доброї врожайності насіння сосни (520 тис. шт.·га⁻¹) станом на 15.10.2020 р. густина 1-річного самосіву становила: у «вікні» діаметром 19,5 м – 124, 26 м – 194,9 і 39 м – 76,5 тис. шт.·га⁻¹. У живому надгрунтовому вкритті домінував паслін солодко-гіркий (*Solanum dulcamara* L.). Станом на 20.10. 2021 р. кількість 2-річного самосіву помітно зменшилася: у вікні діаметром 19,5 м – до 13,6 тис. шт.·га⁻¹ (11%), 26 м – до 54,8 тис. шт.·га⁻¹ (28%), 39 м – до 52 тис. шт.·га⁻¹ (68%). У надгрунтовому вкритті переважали

пасльоново-дрібнопелюсникові парцели з домішкою куничника наземного (*Calamagrostis epigeios* (L.) Roth.). Кількість 1-річного самосіву сосни становила 0,3-6,5 тис. шт.·га⁻¹, берези повислої – 0,1-1,0 тис. шт.·га⁻¹, осики – 0-6,4 тис. шт.·га⁻¹, верби козячої – 0-1,3 тис. шт.·га⁻¹. Отже, упродовж двох років успішність відновлення сосни звичайної у «вікнах» розміром 1,0-1,5 висоти деревостанів була доброю, а у «вікні» розміром 0,7 висоти деревостанів – незадовільною.

У сосняку вологого сугрудкуватого субору за доброї врожайності насіння сосни (540 тис. шт.·га⁻¹) станом на 22.10.2015 р. густина 1-2-річного самосіву сосни становила 44-60 тис. шт.·га⁻¹, що узгоджується з даними М.В. Ромашова (1971). Кіль-

кість 1-річного самосіву сосни, що відновлюється переважно у борознах «вікон» розміром 1,0-1,5 середньої висоти деревостанів, є в 1,4 рази більшою порівняно з діаметром «вікна» 19,5 м (0,7 висоти деревостану), передбаченому Правилами рубок головного користування (2009). Густота 2-річного самосіву сосни поміж борознами становила 0,2-4,3 тис. шт.·га⁻¹. Станом на 29.10. 2017 р. у «вікнах» виявлено 6,9-10,1 тис. шт.·га⁻¹ відмерлих особин самосіву сосни.

Упродовж трьох років після першого прийому ГПР у сосняку вологого сугрудуватого дубово-соснового субору збереженість самосіву сосни становила: у «вікнах» діаметром 19,5 м – 4,6 тис. шт.·га⁻¹ (10,5%), у «вікнах» діаметром 25 м – 7,0 тис. шт.·га⁻¹ (12,1%), у «вікнах» діаметром 38 м – 15,0 тис. шт.·га⁻¹ (43,3%). Окрім того, появився 1-2-річний самосів сосни, відповідно, 8,5; 8,7 та 9,0 тис. шт.·га⁻¹. У «вікнах» менших розмірів (діаметром 19,5 м та 25 м) найбільше підросту і самосіву сосни виявлено у центральній частині, а у «вікнах» діаметром 38 м – у центральній та південній частинах. У «вікнах» також відновилися береза повисла (0,2-1,0 тис. шт.·га⁻¹), дуб звичайний (0,2-0,4 тис. шт.·га⁻¹) та осика (0,1-0,4 тис. шт.·га⁻¹). Отже, впродовж трьох років після першого прийому ГПР успішність природного поновлення сосни у сосняку вологого сугрудуватого дубово-соснового субору з діаметром «вікон» 19,5 м була незадовільною, 25 м – задовільною, 38 м – доброю. Для природного поновлення сосни під час першого прийому ГПР найефективнішими виявилися «вікна» з розміром у поперечнику 1,0 та 1,5 середньої висоти деревостану (25 та 38 м).

У стиглому сосняку свіжого дубово-соснового субору за середньої врожайності насіння сосни звичайної наприкінці першого вегетаційного періоду (2016 р.) у «вікнах» відновилося від 17 до 101 тис. шт.·га⁻¹ самосіву цього деревного виду. Найбільша кількість самосіву сосни виявлена у «вікнах» діаметром 39 м (1,5 середньої висоти деревостану) з прокладанням плужних борозен.

Станом на 10.08.2018 р. найбільша густота підросту сосни виявлена у «вікні» діаметром 39,0 м з прокладеними борознами (понад 60,0 тис. шт.·га⁻¹) та розпушуванням ґрунту культиваторами (понад 50,0 тис. шт.·га⁻¹). Застосування культиватора забезпечує збереження підросту сосни з попереднього поновлення. Дещо меншу кількість підросту обліковано у «вікнах» діаметром 26,0 м (одна висота деревостану) – близько 30 тис. шт.·га⁻¹. У «вікнах», що мають розмір 0,7 та 0,5 висоти деревостану, густота підросту становила 12-28 тис. шт.·га⁻¹.

Кількість 2-річного самосіву у «вікнах» становила 1,8-7,5 тис. шт.·га⁻¹, тобто набагато менше, ніж природного поновлення, що з'явилося у перший після рубки вегетаційний період. Густота листяних порід у «вікнах» є також значно меншою, ніж сосни. Після приведення підросту всіх вікових груп до групи 4-8-річок, успішність природного поновлення віднесено до I категорії (добре).

Упродовж п'яти років після першого прийому ГПР відбувся перехід самосіву та підросту сосни звичайної у старші вікові групи (див. табл. 2). У віковій структурі переважає підріст віком п'ять років, що появився у перший рік після першого прийому групово-поступової рубки. Кількість підросту сосни молодшого віку є значно меншою. Поновлення поповнюється 1-2-річним самосівом сосни, тобто формується різновікова структура молодняка.

Різновіковість молодняка збільшується завдяки старшому поколінню (9-15 років) сосни, що залишилося з попереднього поновлення (див. рис. 1). У процесі поновлення до сосни домішуються дерева дуба звичайного насінного та паросткового походження, берези повислої, осики, верби козячої. Зі збільшенням діаметра «вікна» зростає кількість дерев листяних порід та посилюється пригнічення ними підросту і самосіву сосни. У «вікнах» завширшки 1,5 середньої висоти деревостану у найближчі роки потрібно провести догляд за деревами сосни та дуба.

Впродовж першого року після другого прийому ГПР найбільша кількість самосіву сосни виявлена у «вікні» №1 з найбільшим діаметром та розпушуванням ґрунту культиватором. Найменшу кількість самосіву сосни виявлено у «вікнах» №5 і №9, незалежно від їхніх розмірів та напрямку прокладання борозен. Вірогідно, ця обставина пояснюється дещо запізненим терміном обробітку ґрунту, що зменшило ймовірність потрапляння насіння у борозни та скиби.

Упродовж першого вегетаційного періоду після другого прийому ГПР у розширеній частині «вікна» №1 густота 1-річного самосіву сосни становила понад 72 тис. шт.·га⁻¹. Поодинокі трапляються 2-річний самосів та 3-річний підріст сосни і паростки осики. Оцінка успішності лісовідновлення – добра. Густота 1-річного самосіву за сторонами горизонту становила: північ – 10,7%, південь – 40,3%, захід – 23,5%, схід – 20,5%. У живому надґрунтовому вкритті переважали мінералізовано-зеленомохові парцели. Зросла рясність пасльону солодко-гіркого (*Solanum dulcamara* L.), шавлія горобиною (*Rumex acetosella* L.), дрібнопелюсника однорічного (*Erigeron annuus* (L.) Pers.), шоломиці звичайної (*Scutellaria galericulata* L.), звіробою шорсткого (*Hypericum hirsutum* L.) (проективне вкриття 70%).

У «вікні» №2 після другого прийому ГПР густота 1-річного самосіву сосни становила близько 34 тис. шт.·га⁻¹. Оцінка успішності поновлення – задовільна. У північній частині розширеного «вікна» зосереджено лише 4,9% від загальної кількості самосіву сосни, у південній – 32,0, у західній – 18,0, у східній – 45,1%. Осики поновилося майже у два рази менше, ніж у попередньому «вікні». Домінували мінералізовано-зеленомохові парцели, рясність пасльону солодко-гіркого і шавлію горобиною становила 3 бали, проективне вкриття – 25%.

У «вікні» №3 після другого прийому ГПР густота 1-річного самосіву сосни становить близько

16 тис. шт.·га⁻¹. Навіть зі збереженням 2-річним самосівом та 3-4-річним підростом успішність природного поновлення сосни є недостатньою. Тобто закладання «вікон» діаметром 19,5 м (300 м²) для відновлення сосни, що рекомендовано «Правилами рубок головного користування» (2009), виявилось не ефективним ні після першого, ні після другого прийомів ГПР. Найбільше 1-річного самосіву зосереджено у східній (50,0%) та західній (26,3%) частинах, найменше – у північній (10,5%) та південній (13,1%). Переважали мінералізовані куничниково-зеленомохові парцели (проективне вкриття – 10%).

У «вікні» №4 (діаметр 19,5 м) густина 1-річного самосіву сосни (24 тис. шт.·га⁻¹) виявилася навіть дещо більшою, ніж у вікні №3, але також є недостатньою. Для покращення успішності процесу природного поновлення сосни діаметр «вікна» варто збільшити. За сторонами горизонту найбільше самосіву виявилось у східній частині (50,0%), середня кількість – у північній (22,9%) та південній (20,8%), а найменше – у західній частині (6,8%). Переважали мінералізовані зеленомохові парцели з проективним вкриттям 10%.

У «вікні» №5 після другого прийому ГПР з прокладанням борозен у напрямку північ → південь поновлення сосни є незадовільним, що пов'язано із недостатнім діаметром вікна (19,5 м). Частка 1-річного самосіву сосни у борознах становить 57,1%. Кількість самосіву у борознах західної частини «вікна» удвічі більша, ніж у борознах його східної частини.

У «вікні» №19 діаметром 58,5 м після другого прийому ГПР та прокладання борозен у напрямку захід → схід густина 1-річного самосіву сосни становила понад 58,5 тис. шт.·га⁻¹, успішність лісовідновлення – добра. У борознах відновилося 47,7% самосіву, найбільше – у південній частині «вікна». На розширеній частині «вікна» зберігся 2-річний самосів, 3-5-річний підріст сосни, появився самосів і підріст дуба звичайного, берези повислої, осики, що є основою формування деревостану мішаного складу та різновікової структури.

Після буревію 2022 р. найбільше пошкоджено дерев сосни (19 шт.·га⁻¹, або 12,4%) у деревостані з найменшою повнотою (0,24) на ППП 13-Бат та найбільшим діаметром утвореного «вікна». Кількість пошкоджених дерев до ступеня припинення росту становить на ППП 13-Бат 16 шт.·га⁻¹ (10,4%), їхній запас – 16,3 м³·га⁻¹ (13,1%); на ППП 14-Бат – відповідно, 3 шт.·га⁻¹ (1,1%) та 0,7 м³·га⁻¹ (0,4%); на ППП 15-Бат – відповідно, 5 шт.·га⁻¹ (2,1%) та 4,9 м³·га⁻¹ (2,3%).

Таким чином, у соснових деревостанах зі збільшенням діаметра «вікна» під час проведення групово-поступових рубок поліпшуються умови для поновлення сосни звичайної, але збільшується обсяг відпаду у залишеній частині деревостану, особливо після буревіїв.

Після першого прийому групово-поступової рубки на час обстежень у «вікнах» сформувалися

соснові молодняки з домішкою дуба звичайного, берези повислої, осики та верби козячої. Залежно від розміру «вікон» та вікової структури підросту, сформовані молодняки мали такі середні лісівничо-таксаційні показники: вік – 8 років, висота – 1,2-2,2 м, діаметр – 0,1-0,8 см, зімкнутість – 0,8-1,0.

Після другого прийому групово-поступової рубки з розширенням існуючих «вікон» упродовж трьох років збереглася різна кількість підросту та самосіву деревних видів (див. табл. 7).

У розширеній частині «вікна» №1 густина підросту сосни звичайної становить 9,5 тис. шт.·га⁻¹, самосіву – 5,0 тис. шт.·га⁻¹. Внаслідок поширення у надґрунтовому вкритті *Rubus idaeus* L., упродовж трьох років збереглося лише 9,9% 1-річного самосіву сосни. Найбільше сосни збереглося у краще освітлених східній і північній частинах «вікна». Поширення *Calamagrostis epigejos* є незначним (проективне вкриття – 3%). Домінуючі у перший рік після другого прийому ГПР трав'яні види – *Solanum dulcamara*, *Rumex acetosella*, *Erigeron annuus*, *Scutellaria galericulata* трапляються лише поодинокі. Успішність природного поновлення сосни впродовж трьох років після другого прийому рубки є задовільною, а кількість підросту – достатньою для проведення кінцевого прийому групово-поступової рубки.

У «вікні» №2 на смузі, що зрубана у другий прийом ГПР, збереженість 1-річного самосіву сосни упродовж трьох років виявилася дещо більшою (36,9%), порівняно з «вікном» №1. Найбільша кількість підросту сосни також зосереджена у північній і східній частинах «вікна» (найкраще освітлених). У живому надґрунтовому вкритті збереглися зелені мохи (рясність – 4 бали) та дещо поширився булавоносець сіруватий (*Corynephorus canescens* (L.) P. Beauv.) (рясність – 2 бали). *Rubus idaeus* та *Calamagrostis epigejos* трапляються поодинокі. Успішність природного поновлення сосни впродовж трьох років після другого прийому ГПР є задовільною, а кількість підросту – достатньою для проведення кінцевого прийому рубки.

У «вікні» №3, діаметр якого було розширено під час другого прийому ГПР з 19,5 до 29,2 м, переважають зеленомохові парцели з куничником наземним (проективне вкриття *Calamagrostis epigejos* до 5%). Найбільше підросту та самосіву сосни трапляється у північній та південній частинах, а найменше – у західній частині «вікна». Успішність природного поновлення сосни оцінено як задовільну, а кількість підросту достатня для проведення кінцевого прийому ГПР.

У «вікні» №4, що було розширено за другий прийом ГПР до діаметра 19,5 м, також переважають зеленомохові парцели зі слабким поширенням біловуса стиснутого (*Nardus stricta* L.). *Calamagrostis epigejos* трапляється лише у східній частині «вікна» (проективне вкриття – 10%). На відміну від попереднього «вікна», найбільша кількість підросту сосни зосереджена у західній та східній частинах «вікна», які виявилися найкраще освітленими

упродовж дня. Успішність природного поновлення сосни є задовільною, кількість – достатньою для призначення кінцевого прийому групово-поступової рубки.

Отже, у «вікнах» різної ширини після їхнього розширення у другий прийом ГПР та сприяння природному поновленню шляхом розпушування ґрунту дисковим культиватором успішність поновлення є задовільною, кількість підросту – достатньою для призначення наступного прийому групово-поступової рубки.

У вікні №5, що також було розширене під час другого прийому ГПР до діаметра 19,5 м, упродовж трьох років успішність природного поновлення сосни звичайної також виявилася задовільною. Кількість 3-річного підросту сосни у борознах дуже подібна до такої між борознами. Однак, поміж борозен збереглися особини старшого віку (4-8 років) сосни звичайної. Кількість підросту сосни у «вікні» перевищує нормативи, передбачених «Правилами рубок головного користування» (2009) для проведення кінцевого прийому ГПР (8 тис. шт.·га⁻¹).

У вікні №19 після його розширення за другий прийом ГПР до діаметра 58,5 м, упродовж трьох років відбулося значне розповсюдження *Calamagrostis epigejos*, особливо у південній частині (проективне вкриття – 70%). Подібно до напрямку лісовідновного процесу, що спостерігався після I прийому ГПР, відбулося поширення ожини несійської (*Rubus nessensis* Hall.). Без проведення доглядів упродовж трьох років збереглося лише 13,4% від початкової кількості 1-річного самосіву сосни звичайної. Успішність природного поновлення сосни звичайної є задовільною, а кількість підросту (7,6 тис. шт.·га⁻¹) – майже достатньою для проведення кінцевого прийому ГПР. Вважаємо, що кількість підросту ще може поповнитися із самосіву сосни (2,2 тис. шт.·га⁻¹) упродовж наступних двох років перед проведенням кінцевого прийому рубки.

Таким чином, після проведення другого прийому ГПР та заходів сприяння природному лісовідновленню, у «вікнах» упродовж трьох років відновлюється від 8 до 16 тис. шт.·га⁻¹ підросту та 0,8-5,0 тис. шт.·га⁻¹ самосіву сосни звичайної. Після другого прийому ГПР на місцях розширення «вікон» відновилися дуб звичайний (0,1-0,5 тис. шт.·га⁻¹), береза повисла (0,2-0,5 тис. шт.·га⁻¹), осика (0,2-1,9 тис. шт.·га⁻¹). Тут склалися умови для формування деревостанів природного походження і мішаного складу, що відповідає вимогам наближеного до природи лісівництва. Утворений молодняк має східчасту зімкнутість намету: у центральній частині «вікна» ростуть найвищі дерева сосни, що відновилися після першого прийому ГПР, далі по периферії – дерева дещо меншої висоти (відновилися після другого прийому ГПР).

У залишеній частині деревостану на мінералізованих зеленомохових парцелях густота підросту сосни становить від 7 до 17 тис. шт.·га⁻¹. На осередках ділянки без розпушування чисельність підросту та самосіву сосни є низькою. Тому, загальна

кількість підросту і самосіву сосни у залишеній до кінцевого прийому ГПР є недостатньою або незадовільною. З метою поліпшення успішності природного поновлення та збільшення частки мінералізації ґрунту у залишеній частині деревостану доцільно було би застосувати малогабаритний трактор з високою прохідністю та маневреністю поміж деревами.

Густота підросту та самосіву сосни упродовж наступних двох років у залишеній частині деревостану ще буде недостатньою для проведення кінцевого прийому ГПР. Ділянка групово-поступової рубки межує з сосновими молодняками, які не є джерелом обнасіння. Тому, з експериментальною метою пропонується на частині ділянки залишити у кінцевий прийом рубки насінні дерева сосни звичайної (20-25 шт.·га⁻¹). На іншій частині потрібно провести кінцевий прийом ГПР зі збереженням підросту та підсіванням насіння або підсаджуванням сіянців. За таких умов відтворений сосновий деревостан збереже особливості природного та комбінованого лісовідновлення і буде об'єктом для демонстрації у регіоні з проведення заходів наближеного до природи лісівництва.

Отже, підсумовуючи процес обговорення результатів досліджень зазначимо, що під час призначення групово-поступових рубок у соснових деревостанах (ТЛУ А₂, В₂ та В₃) найефективнішими для природного поновлення сосни звичайної є «вікна» розміром у поперечнику 1,0 та 1,5 середньої висоти деревостану, які закладають у перший прийом рубки. Під час другого прийому ГПР обов'язково потрібно інтенсивно розріджувати частину деревостану, що залишається поміж «вікнами» та проводити сприяння природному поновленню з мінералізацією понад 50% поверхні ґрунту для забезпечення успішного відновлення сосни звичайної та інших цінних деревних видів.

Висновки (Conclusions). Групово-поступові рубки у стиглих соснових деревостанах Східного Полісся є важливою складовою ведення лісового господарства на принципах наближеного до природи лісівництва.

У сосняку свіжого соснового бору після першого прийому ГПР кількість 2-річного самосіву сосни звичайної у «вікні» діаметром 19,5 м становить 13,6 тис. шт.·га⁻¹, 26 м – 54,8 тис. шт.·га⁻¹, 39 м – 52 тис. шт.·га⁻¹, успішність поновлення – добра та задовільна.

У сосняку вологого сугрудуватого дубово-соснового субору упродовж трьох років після I прийому ГПР кількість підросту сосни становила: у «вікнах» діаметром 19,5 м – 4,6, 25 м – 7,0, 38 м – 15,0 тис. шт.·га⁻¹. У «вікнах» менших розмірів (завширшки 19,5 м та 25 м) найбільше підросту і самосіву сосни виявлено у центральній частині, а завширшки 38 м – у центральній та південній частинах. У «вікнах» також наявний підріст берези повислої, дуба звичайного та осики. Успішність природного поновлення сосни у типі лісу В₃-дС з діаметром «вікон» 19,5 м була незадовільною, 25 м –

задовільною, 38 м – доброю. Для природного поновлення сосни під час першого прийому ГПР найефективнішими виявилися «вікна» з розміром у поперечнику 1,0 та 1,5 середньої висоти деревостану (25 та 38 м).

У сосняку свіжого дубово-соснового субору впродовж 5-річного періоду після першого прийому ГПР інтенсивністю 10% від запасу та заходів сприяння природному поновленню густота підросту сосни у «вікнах» становила 16,0-56,9, самосіву – 1,5-13,3 тис. шт.·га⁻¹. Найкращими для появи природного поновлення сосни виявилися «вікна» завширшки 1,0 та 1,5 середньої висоти деревостану. Зі збільшенням розміру «вікон» підвищується освітленість та збільшується кількість природного поновлення дуба звичайного (0,1-0,2 тис. шт.·га⁻¹) і м'яколистяних порід (0,4-6,1 тис. шт.·га⁻¹) за деякого пригнічення ними підросту і самосіву сосни, що потребує догляду.

Після проведення другого прийому ГПР інтенсивністю 38-63% від запасу збереженість підросту у «вікнах» становила 93%. Зі збільшенням розміру «вікон» (на 0,5 від їхнього діаметра) поліпшуються умови для відновлення сосни, але збільшується обсяг відпаду (до 13% за запасом) у залишеній частині материнського деревостану, особливо після буревіїв.

Упродовж трьох років після проведення другого прийому ГПР та заходів сприяння природному поновленню відновлюється від 8 до 16 тис. шт.·га⁻¹ підросту та 0,8-5,0 тис. шт.·га⁻¹ самосіву сосни звичайної (успішність поновлення – задовільна та добра). На місцях розширення «вікон» також відновлюються береза повисла, дуб звичайний та осика і складаються добрі умови для формування деревостанів мішаного складу природного походження.

У залишеній частині соснового деревостану за недостатньої мінералізації ґрунту успішність природного поновлення сосни звичайної є недостатньою або незадовільною. У кінцевий прийом ГПР з експериментальною метою доцільно на частині ділянки залишити насінні дерева сосни (20-25 шт.·га⁻¹), а на іншій частині – запровадити заходи зі збереження підросту, підсівання насіння або висаджування сіянців сосни звичайної. Відтворення групово-поступовою рубкою та формування соснового деревостану мішаного складу природного і комбінованого походження є важливою складовою для впровадження у регіоні наближеного до природи лісівництва.

Список літератури (References)

- Алексеев, Е.В. (1927). *Семенно-лесосечные рубки*. Киев [Aleksyev, E. V. (1927). *Shelterwood cutting*. Kiev] (in Russian)
- Білоус, А.М., Кашпор, С.М., Миронюк, В.В., Свинчук, В.А., Лесник, О.М. (2021). *Лісотаксаційний довідник*. Київ: Видавничий дім «Вінніченко»
- [Bilous, A. M., Kashpor, S. M., Myroniuk, V. V., Svinchuk, V. A., & Lesnik, O. M. (2020). *Forest inventory handbook*. Kyiv: "Vinichenko" Publishing House] (in Ukrainian)
- Жежжун, А.М. (2021). *Ліси Східного Полісся України: структура, продуктивність, формування та відтворення*. Мена: Домінант [Zhezhkun, A. M. (2021). *Forests of Eastern Polissya of Ukraine: structure, production, formation and regeneration*. Mena: Dominant] (in Ukrainian)
- Жежжун, А.М. (2013). Поступові рубки та лісовідновлення в соснових деревостанах Східного Полісся. *Лісівництво і агролісомеліорація*, 123, 55-67 [Zhezhkun, A. M. (2013). Shelterwood felling and reforestation in the pine stands of the Eastern Polissya. *Forestry and Forest Melioration*, 123, 55-67. Retrieved from http://nbuv.gov.ua/UJRN/lisam_2013_123_10] (in Ukrainian)
- 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 багатофункціональне ведення лісового господарства в Карпатському регіоні України та Словаччини*. Ужгород: ПП «Коло» [Krynitskyi, H. T., Cherniavskiy, 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*. Uzhgorod: PE "Kolo". Retrieved from <http://www.forza.org.ua/uk/nablizhene-do-prirodi-ta-bagatofunkcionalne-vedennya-lisovogo-gospodarstva-v-karpatському-regioni>] (in Ukrainian)
- Лавний, В.В., Шпатгелф, П. (2016). Практика наближеного до природи лісівництва у соснових лісах північно-східної Німеччини. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 14, 52-57 [Lavnyy, V. V., & Spathelf P. (2016). The practice of close to nature forestry in the pine forests of Northeast Germany. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 14, 52-57. <https://doi.org/10.15421/411606>] (in Ukrainian)
- Лось, С.А., Терещенко, Л.І., Гайда, Ю.І., Шлончак, Г.А., Митроченко, В.В., Шлончак, Г.В., ... Данчук, О.Т. (2017). *Настанови з лісового насінництва*. Харків: УкрНДІЛГА ім. Г.М. Висоцького [Los, S. A., Tereshchenko, L. I., Hayda, Yu. I., Shlonchak, G. A., Mitrochenko, V. V., Shlonchak, G. V., ... Danchuk, O. T. (2017). *Guidelines for forest seed production*. Kharkiv: the G. M. Vysotsky Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration. Retrieved from http://ucfb.info/fileadmin/user_upload/pdf]
- Михович, А.И., Литвак, А.В., Юрковский, А.А., Романеев, Н.С. (1971). Гидрологические условия на лесосеках главных рубок дубовых и сосновых лесов. *Лесоводство и агролесомелиорация*, 24, 91-98 [Mykhovich, A. I., Litvak, A. V., Yurkovsky, A. A., & Romaneev, N. S. (1971). Hydrological conditions at the felling areas of the principal fellings of oak and pine forests. *Forestry and Forest Melioration*, 24, 91-98] (in Russian)

- Інструкція з проектування, технічного приймання, обліку та оцінки якості лісокультурних об'єктів* (2010). Затверджено наказом Держкомлісгоспу України від 19.08.2010 р., № 260. Київ: Державний комітет лісового господарства України [Instruction on design, technical acceptance, accounting and quality assessment of forestry objects (2010). Approved. By order of the State Forestry Committee of Ukraine dated August 19, 2010, No. 260. Kyiv: State Forestry Committee of Ukraine. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1046-10#Text>]
- Правила рубок головного користування* (2009). Затверджено наказом Держкомлісгоспу України від 23.12.2009 р., № 364. Київ: Державний комітет лісового господарства України [Main felling rules (2009). Approved. By order of the State Forestry Committee of Ukraine dated December 23, 2009, No. 364. Kyiv: State Forestry Committee of Ukraine. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0085-10#Text>] (in Ukrainian)
- Ромашов, Н.В. (1971). Опыт постепенных рубок в сосняках Лесостепи и Полесья УССР. *Лесоводство и агролесомелиорация*, 24, 68-77 [Romashov, N.V. (1971). Experience of shelterwood fellings in pine forests of the Forest-steppe and Polesie of the USSR. *Forestry and Forest Melioration*, 24, 68-77] (in Russian)
- Санітарні правила в лісах України* (1995). Затверджено Постановою Кабінету Міністрів України від 27.07.1995 р., № 555 Київ: Кабінет Міністрів України [Sanitary regulations in the forests of Ukraine (1995). Approved by the Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated 27 July 1995, No. 555 Kyiv: Cabinet of Ministers of Ukraine. Retrieved from <http://www.drs.gov.ua/wp-content/uploads/2018/10/14175-22.10.18.pdf>] (in Ukrainian)
- СОУ 02.02-37-476 (2006). *Площі пробні лісовпорядні. Метод закладання*. Чинний від 01.05.2007. Київ: Мінагрополітики України [SOU 02.02-37-476 (2006). *Forest-managed trial plots. Laying out method*. Effective from 01 May 2007. Kyiv: Ministry of Agrarian Policy of Ukraine] (in Ukrainian)
- Тарнопільська, О.М., Манойло, В.О., Пономарьов, О.А. (2010). Формування горизонтальної структури природних сосняків (*Pinus sylvestris* L.) Ізюмського пристепового бору під впливом групово-поступових рубок. *Лісівництво і агролісомеліорація*, 117, 174-182 [Tarnopilska, O.M., Manoylo, V.O., & Ponomaryov, O.A. (2010). Formation of the horizontal structure of natural pine forests (*Pinus sylvestris* L.) in the Izium steppe forest under the influence of group-shelterwood felling. *Forestry and Forest Melioration*, 117, 174-182] (in Ukrainian)
- Brichta, J., Vacek S., Vacek, Z., Cukor, J., Mikeska, M., Bilek, L., ... Brabec, P. (2023). Importance and potential of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in 21st century. *Central European Forestry Journal*, 69(1), 3-20. <https://doi.org/10.2478/forj-2022-0020>
- Mason, W.L., Diaci, J., Carvalho, J., & Valkonen, S. (2022). Continuous cover forestry in Europe: usage and the knowledge gaps and challenges to wider adoption. *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 95(1), 1-12. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpab038>
- Straupe, I., & Sadauskis, E. (2022). The regeneration of Scots pine *Pinus sylvestris* L. after selective felling in hylocomiosa forest site type. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM*, 22(3.2), 439-446. <https://doi.org/10.5593/sgem2022v/3.2/s14.51>
- Xianfeng, F., Wei T., Xiaoye, G., & Zongzheng, C. (2021). Close-to-nature management positively improves the spatial structure of Masson pine forest stands. *Web Ecology*, 21(1), 45-54. <https://doi.org/10.5194/we-21-45-2021>
- Zhezhkun, A.M., Kubrakov, S., Porokhniach, I., Kovalenko, I., & Melnyk, T. (2023). Close-to-Nature Forestry Measures in East Polissia Region of Ukraine. *South-east European Forestry*, 14(1), 15-26. <https://doi.org/10.15177/seefor.23-04>

Group-shelterwood felling in the pine forest of the Eastern Polissia of Ukraine as an important component of the organization of Close-to-Nature Forestry

A. Zhezhkun¹

The article presents the results of group-shelterwood felling in mature pine stands of the Eastern Polissia of Ukraine. The sample plots for group-shelterwood felling were established in 2014-2019. In the first cut of group-shelterwood felling, gaps with a diameter of 0.5, 0.7, 1.0, and 1.5 of the average height of pine stands were formed. The reforestation strip of the stand adjacent to the gaps was 0.5 of their diameter. In the gaps all the trees were removed, and in the reforestation strip – the stand was thinned out to the density of 0.4-0.5. The intensity of the first cut of felling in the permanent sample plots was 11-21% of the stock of the pine stands. After felling in the autumn or spring, measures were taken to stimulate natural regeneration by loosening the soil with disk cultivators or laying furrows with plows (mineralization of the soil was 90-100 and 50-60%, respectively). During the inventory, individuals of natural regeneration of tree species were divided into self-sown ones of 1 and 2 years of age, advance growth at the age of 3, 4-8 and 9-15 years.

¹ Anatoliy Zhezhkun – Corresponding Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Doctor of Agricultural Sciences, Director of the State Enterprise “Novgorod-Siverska Forest Research Station” the G. M. Vysotsky Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration, 90 Ivan Bohun st., Novgorod-Siverskyi, Chernihiv region, 16000, Ukraine. Tel.: +38-04658-316-19; E-mail: desna-90@ukr.net ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1431-8944>

Under condition of satisfactory seeding of the pine trees, in the first year in the gaps regenerated were 20 to 190 thousand pcs·ha⁻¹ of self-sowing Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). As the size of the gaps increased, so did the illumination. The largest number of the 1-year-old self-seeding of Scots pine was recorded in the southern and central parts of the gaps. During the first 3-5 years, 13 to 65 thousand pcs·ha⁻¹ of advance growth survived, also survived 2-7 thousand pcs·ha⁻¹ of self-sowing Scots pine and other species, which provided grounds for carrying out the next cut of the group-shelterwood felling. The most effective were gaps with a diameter of 1.0 and 1.5 of the average height of the stands.

During the second cut of group-shelterwood felling, the gaps were expanded by 0.5 of their diameter (19.5-58.5 m) and the stand was thinned in the reforestation strip. The intensity of the second cut of felling was 38-63% of the stock of stands. The existing pine advance growth was preserved and activities were carried out to promote natural regeneration. In the remaining part of the stand with a density of 0.2-0.4 after the hurricane of 2022, the share of windthrown Scots pine trees amounted to 13% of the stock.

In the first year after the second cut of the felling, 12 to 72 thousand pcs·ha⁻¹ of self-sowing pine were

regenerated. After the expansion of the gaps during the second cut of group-shelterwood felling, the illumination in them increased. The highest illumination was observed in the northern and eastern parts of the gaps, where the largest amount of self-sowing pine has been preserved. The amount of pine advance growth after the second cut of felling ranged from 8 to 13 thousand pcs·ha⁻¹, which was enough to prescribe the final cut of group-shelterwood felling. In the places of expansion of the gaps the common pedunculate oak (0.1-0.5 thousand pcs·ha⁻¹), silver birch (0.2-0.5 thousand pcs·ha⁻¹) and aspen (0.2-1.9 thousand pcs·ha⁻¹) were also regenerated, and the conditions for the formation of stands of mixed composition of natural origin were created.

In the process of conducting group-shelterwood felling, natural uneven-aged pine stands of mixed composition with a stepped closure of the forest canopy are formed. Group-shelterwood felling is an effective silvicultural close-to-nature measure, which requires expanding their use in the pine forests of the Eastern Polissia of Ukraine.

Key words: Scots pine; cut of felling; harvesting technique; regeneration gaps; reforestation strip; advance growth; self-sowing; regeneration effectiveness.



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

<http://fasu.nltu.edu.ua>
<https://doi.org/10.15421/412306>

Article received 2023.09.25
Article accepted 2023.11.23

ISSN 1991-606X print
ISSN 2616-5015 online

@ ✉ Correspondence author

Hryhoriy Krynytskyi

krynytsk@ukr.net

103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine

УДК [630*182.54:630*174.754](477.83)

Лісівничо-екологічні особливості поширення та підвищення біотичної стійкості соснових лісостанів в умовах Львівського регіону¹

Г.Т. Криницький², М.М. Король³, В.В. Лавний⁴, В.А. Ковальова⁵,
В.О. Крамарець⁶, О.Г. Криницька⁷, В.К. Магуран⁸

Загальна площа лісових земель у Львівському регіоні (області), на яких поширена *Pinus sylvestris* L., становить 151246,5 га, з яких 94648,8 га (62,5%) зайняті деревостанами штучного походження, а 48898,3 га (32,3%) – природного походження. При цьому соснові лісостани поширені у всіх чотирьох трофотоплах – А, В, С і D та у сухих, свіжих, вологих, сирих і мокрих гігротоплах. В основному сосна звичайна. в регіоні росте у відповідних для неї клімато-едафічних та фітоценотичних умовах, в яких займає площу 137467,6 га або 90,9% від загальної площі соснових лісостанів. Водночас на площі 13778,9 га (9,1%) вона поширена у не властивих для неї лісорослинних умовах, зокрема в грудах.

Найбільшу площу у всіх типах лісорослинних умов займають чисті соснові деревостани (10 од. – 71592,6 га (47,3%). Поширеними є також деревостани з часткою сосни в складі 6, 7, 8 і 9 од. – 64032,6 га (42,4%). За віком переважають середньовікові соснові деревостани (69723 га або 46,1%). Понад 64% деревостанів за участю *Pinus sylvestris* характеризуються середньою відносною повнотою (0,51-0,80) та 25,7% є високоповнотними (0,81 і більше).

Соснові деревостани в регіоні відзначаються високою продуктивністю і сягають I, I^a та вищих класів бонітету. Їхня площа складає 12548,1 га (82,3%). Запаси соснових деревостанів уже в пристиглому віці досягають

¹ Робота підтримана грантом Національного фонду досліджень України, № 2021.01/0184

² Криницький Григорій Томкович – академік Лісівничої академії наук України, Президент ЛАН України, доктор біологічних наук, професор, Заслужений діяч науки і техніки України, завідувач кафедри лісівництва. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-067-784-1160. E-mail: krynytsk@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7020-9991>

³ Король Микола Михайлович – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри лісової таксації та лісовпорядкування. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-067-746-60-77. E-mail: nikkorol@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9023-0840>

⁴ Лавний Василь Володимирович – академік Лісівничої академії наук України, доктор сільськогосподарських наук, професор, проректор з наукової роботи. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-098-859-72-07. E-mail: lavnyy@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2069-9026>

⁵ Ковальова Валентина Андріївна – кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник науково-дослідної частини. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-097-500-5472. E-mail: vakovaleva16@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3099-2747>

⁶ Крамарець Володимир Олександрович – академік Лісівничої академії наук України, доктор сільськогосподарських наук, професор кафедри лісівництва. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-050-571-0960. E-mail: v_kramarets@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5978-3711>

⁷ Криницька Ольга Григорівна – кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник науково-дослідної частини. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-067-672-28-96. E-mail: olk@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4624-7768>

⁸ Магуран Володимир Костянтинович – аспірант кафедри ботаніки, деревинознавства та недревних ресурсів лісу. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-068-040-80-82. E-mail: vol.mahuran20@nltu.lviv.ua ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-7786-3874>

понад 300 м³/га. Найбільший щорічний приріст у всіх типах лісорослинних умов спостережено у середньовіковому періоді – 4,5-5,8 м³/га.

Для забезпечення високої життєвості *Pinus sylvestris* та збереження соснових деревостанів необхідне регулярне здійснення низки лісгосподарських заходів, серед яких: проведення патологічних обстежень та оздоровчих заходів; своєчасне проведення рубок догляду, рубок головного користування та санітарних рубок; збільшення біорізноманіття лісостанів; створення лісових культур відповідно до едафо-кліматичних умов території регіону та лісонасінного районування; відбір біологічно стійких генотипів сосни звичайної; запровадження вибіркового, наближеного до природи лісівництва.

Ключові слова: типи лісорослинних умов; штучне і природне поновлення; продуктивність; склад; повнота; групи віку деревостанів; лісгосподарські заходи.

Вступ (Introduction). На території України сосна звичайна є основним лісотвірним і типотвірним деревним видом. Її лісостани займають 35% вкритої лісом площі України і мають важливе екологічне, економічне та соціальне значення, формуючи сприятливе для суспільства життєве середовище та біологічне різноманіття як в Україні, так і зарубіжних країнах (Ткач, 2012; Лісове господарство України, 2019; Krynytskyu, Chernyavskyu, & Krynytska, 2016; Seidl et al., 2016; Jablonski, Tarwacki, & Sukovata, 2019; Бондар, 2019; Криницький, Крамарець, Мацях, 2019; Публічний звіт Держлісагентства України, 2022).

Сосна утворює чисті і мішані біотично стійкі, високопродуктивні деревостани, відзначається високою репродуктивною здатністю та екологічною пластичністю. Її едафічний ареал є найбільшим серед типотвірних деревних видів і охоплює борові, суборові та сугрудові трофотопи, дуже сухі, сухі, свіжі, вологі, сирі і навіть мокрі гігротопи (Воробьев, 1953; Остапенко, Ткач, 2002).

Водночас в останні роки, поряд із висиханням ялини, дуба, ясеня, явора виявлено також погіршення санітарного стану та висихання соснових деревостанів (Бородавка та ін., 2016; Сазонов, Звягинцев, 2016; Крамарець, Мацях, 2017; Лісове господарство України, 2019; Криницький та ін., 2013, 2019; Жежкун, Порожняк, 2020). Причиною цього, насамперед, є зміна температурного та гідрологічного режимів на території України. Спостерігається потепління клімату, зменшення вмісту вологи в атмосфері, розширюються площі посушливих регіонів (Єремєєв, Єфімов, 2003; Косовець, Пахалюк, 2008; Мазепа, Криницький, Леонтьєв, 2009; Крамарець, Мацях, 2017; Криницький та ін., 2013, 2019).

Зростання температури повітря збільшує поверхневе і транспіраційне випаровування вологи та, за наявності посушливих періодів, зумовлює зниження рівня ґрунтових вод. За спостереженнями ДП «Західукргеологія» рівень ґрунтових вод у свердловинах, облаштованих на території Малого Полісся та Розточчя, знизився на 0,5-1,5 м. Подібні результати отримані також польськими вченими (Pierzgalski, Boczon, & Tysza, 2002; Boczon, 2006).

Значний вплив на процеси висихання соснових деревостанів має ураження дерев збудниками хвороб та інтенсивний розвиток і розширення осередків масового розмноження хвоегризних комах та

комах камбіо- і ксилофагів у поєднанні з офіостомовими грибами (Бородавка та ін., 2016; Крамарець, Мацях, 2017; Davydenko Vasaitis, & Menkis, 2017; Matsiakh et al., 2018; Jablonski et al., 2019). Ці процеси навіть отримали назву «біологічна пожежа» (Сазонов, Звягинцев, 2016).

Ситуація щодо стану лісостанів за участю сосни звичайної ускладнюється ще й тим, що ліси України зазнають суттєвого антропогенного навантаження, яке все більше зростає. Антропогенно спричинені зміни довкілля, пов'язані з інтенсивним розвитком промисловості, високою загазованістю повітря, видобутком корисних копалин, зростаючою рекреацією, порушують функціонування соснових лісостанів, призводять до зміни їхньої структури і продуктивності та зниження життєвості дерев сосни.

Враховуючи вищенаведене, розроблення заходів із підвищення біотичної стійкості соснових лісостанів та їх адаптації до змін клімату є важливим і невідкладним завданням.

Мета роботи – в контексті змін клімату та зростаючого антропогенного навантаження виявити особливості поширення та лісівничі показники функціонування соснових лісостанів у Львівському регіоні з урахуванням різних типів лісорослинних умов та на лісівничо-екологічних засадах опрацювати заходи з підвищення біотичної стійкості і збереження деревостанів сосни звичайної.

Об'єкти та методичні підходи (Objekts and methodological approaches). Об'єктами дослідження були чисті і мішані соснові насадження України. Конкретною територією проведення комплексних лісівничо-екологічних досліджень було обрано Львівський регіон (рис. 1), який включає різні історично та геологічно сформовані ландшафтні утворення: Розточчя, Опілля, Передкарпаття з частиною гірських масивів Карпат, а також частину Малого Полісся. Таке історико-геологічне формування території Львівського регіону дає можливість на порівняно невеликій площі дослідити процеси відтворення, функціонування і збереження соснових лісостанів у різних типах лісорослинних умов – від бідних до відносно багатих трофотопів (бори, субори, сугруди) та від сухих до мокрих гігротопів (сухі, свіжі, вологі, сирі та мокрі ґрунтові умови).

Теоретичні і методичні дослідження здійснено із застосуванням системного підходу з використанням сучасних прикладних програм. Для вивчення

лісівничо-таксаційної та фітоценотичної структури застосовано поєднання методів наземних досліджень із даними дистанційного зондування Землі.

Типологічні особливості поширення соснових лісостанів вивчали за роботами Д. В. Воробйова (1953) та Б. Ф. Остапенка, В. П. Ткача (2002). Стационарні пробні площі закладали з урахуванням положень інструкції «Площі пробні – лісовпорядні» (2006). Запас, повноту і клас бонітету визначали за роботою А. З. Швиденка та ін. (1987). Для виявлення віку дерев використовували керни деревини з урахуванням поправок на висоту їх взяття.

Математичне опрацювання результатів досліджень та математичне моделювання здійснені методами варіаційної статистики (Горошко, Миклуш, Хомюк, 2004) з використанням стандартних пакетів програм Microsoft Excel і Statistica 10.0.

Результати досліджень (Research results). Деревостани за участю сосни звичайної в Львівському регіоні розташовані на території 47 лісгосподарських підприємств, розміщених у різних лісорослинних районах (рис. 1). Соснові насадження розповсюджені переважно на території рівнинних

лісорослинних районів – Розточчя та Мале Полісся. У межах цих природних районів переважають світло-сірі та сірі лісові, дерново-підзолисті, переважно піщані та супіщані ґрунти. Такі ґрунти є сприятливими для росту чистих і мішаних соснових деревостанів.

Найбільша площа деревостанів за участю сосни знаходиться на території лісового фонду державних підприємств «Радехівське ЛГ», «Рава-Руське ЛГ», «Жовківське ЛГ», «Бродівське ЛГ», «Бузьке ЛГ», де зосереджено 75195,5 га (43,3%) таких насаджень Львівського регіону⁹.

В окремих лісгосподарських підприємствах (Жовківське ДЛГП «Галсільліс», Радехівське ДЛГП «Галсільліс», ДП «Рава-Руське ЛГ», ДП «Радехівське ЛГ»; ДП «Жовківське ЛГ», ДП «Бродівське ЛГ», Яворівське ДЛГП «Галсільліс», Сокальське ДЛГП «Галсільліс», Магерівський військовий лісгосп) лісостани за участю сосни звичайної займають основну частину площі та становлять понад 50% від площі земель, вкритих лісовою рослинністю і є пріоритетним об'єктом ведення лісового господарства.

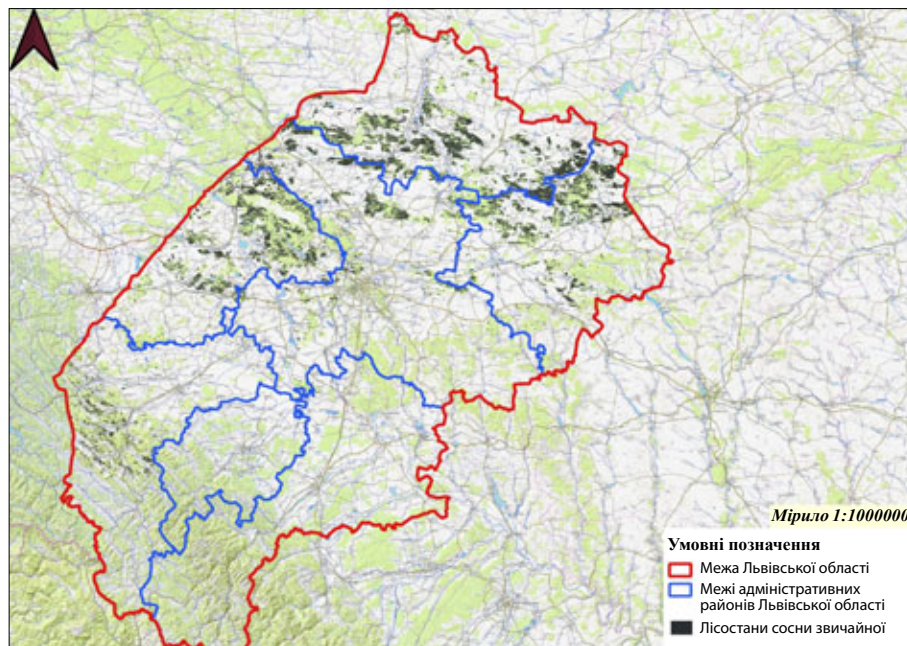


Рис. 1. Поширення соснових лісостанів на території Львівського регіону

Fig. 1. The distribution of pine forests in the territory of Lviv region

Загальна площа лісових земель у Львівському регіоні, на яких представлена сосна звичайна, становить 151246,5 га, з них 94648,8 га (62,5%) зайняті деревостанами штучного походження, 48898,3 га (32,3%) – природного походження, 7681,3 га (5,1%) – незімкнутими лісовими культурами та 149,4 га (0,1%) – рідколіссями (табл. 1).

За результатами досліджень, лісостани сосни звичайної у Львівському регіоні поширені у всіх чотирьох трофотопх – А, В, С і D, які представлені бідними, відносно бідними, відносно багатими і багатими лісорослинними умовами, та у сухих, сві-

жих, вологих, сирих і мокрих гігротопах. Найбільше поширення соснові деревостани мають у свіжих і вологих суборах (42,1%) та свіжих і вологих сугрудах (49,0%). У сухих гігротопах сосна звичайна росте лише в борах на площі 468,4 га (0,3%); на невеликій площі (210,6 га; 0,14%) вона росте також у мокрих типах лісорослинних умов (див. табл. 1).

Загалом сосна звичайна у Львівському регіоні поширена у відповідних для неї клімато-едафічних

⁹ Назви державних підприємств подано до організації ДП «Ліси України»

та фітоценотичних умовах, в яких займає площу 137467,6 га або 90,9% від загальної площі соснових лісостанів (табл. 2). На цій території вона виконує роль типотвірного виду або кліматичної типотвірної домішки, утворюючи значні за площею типи лісу: свіжий (вологий) сосновий бір, свіжий (вологий, сирий) дубово-сосновий суббір; свіжу (вологу) грабово-соснова судіброву, свіжий (вологий) грабово-дубово-сосновий сугруд (Горшенін, Бутейко, 1962; Дебринюк, Криницький, 2012).

Водночас поширення лісостанів за участю сосни звичайної виявлено також у невластивих для цього виду лісівничо-екологічних умовах (13778,9 га; 9,1%), зокрема в грудях (5268,5 га), у сугрудах (8498,2 га) і навіть у суборах (12,2 га) (табл. 3). Такі площі сосняків виявлено у передгірських і гірських районах на території ДП «Самбірське ЛГ» (15% від площі земель вкритих лісовою рослинністю), Старосамбірське ДЛГП «Галсільліс» (33,1%),

ДП «Старосамбірське ЛМГ» (13,5%), Дрогобицьке ДЛГП «Галсільліс» (13,5%) та в грудових умовах рівнинних районів Львівського регіону.

Частка сосни у лісових насадженнях Львівського регіону є різною – від одиниці до 10 одиниць (табл. 4). Найбільшу площу у всіх типах лісорослинних умов (А, В, С, D) займають чисті соснові деревостани (10 од.) – 71592,6 га (47,3%). Поширеними є також деревостани з часткою сосни у складі 6 од. – 11261,8 га (7,5%), 7 од. – 13680,8 га (9,0%), 8 од. – 20691,4 га (13,7%) і 9 од. – 18398,6 га (12,2%). У всіх цих лісостанах сосна звичайна є панівним, інтегрально функціонуючим деревним видом, який визначає біотичну стійкість, продуктивність та лісівничу динаміку деревостанів. На невеликих площах суборів, сугрудів і грудів (170,6 га; 0,1%) формуються лісостани, у складі яких домішка сосни звичайної є незначною (одна-дві одиниці) (див. табл. 4).

Таблиця 1. Розподіл площі лісостанів за участю сосни звичайної за типами лісорослинних умов, га
Table 1. Distribution of the area of forest stands with the participation of Scots pine according to the types of forest growth conditions, ha

Гігротоп*	Трофотоп**				Всього	
	А	В	С	Д	га	%
1	468,4	–	–	–	468,4	0,31
2	4684,2	30101,6	20137,6	1781,2	56704,6	37,49
3	401,3	33551,7	53917,7	3467,6	91338,3	60,39
4	125,8	1841,0	538,7	19,1	2524,6	1,67
5	36,2	171,8	2,0	0,6	210,6	0,14
Всього	га	5715,9	65666,1	74596,0	5268,5	100
	%	3,78	43,42	49,32	3,48	

* Гігротопи: 1 – сухі умови, 2 – свіжі, 3 – вологі, 4 – сири, 5 – мокрі.

** Трофотопи: А – бори, В – субори, С – сугруди, D – груді.

Таблиця 2. Розподіл площі лісостанів за участю сосни звичайної за типами лісорослинних умов та відповідністю сосновим типам лісу, га

Table 2. Distribution of the area of forest stands with the participation of Scots pine by types of forest growth conditions and compliance with pine forest types, ha

Гігротоп	Трофотоп			Всього	
	А	В	С	га	%
1	468,4	–	–	468,4	0,34
2	4684,2	30101,6	17597,1	52382,9	38,11
3	401,3	33539,9	48137,5	82078,7	59,71
4	125,8	1840,6	363,2	2329,6	1,69
5	36,2	171,8	–	208,0	0,15
Всього	га	5715,9	65653,9	66097,8	100
	%	4,16	47,76	48,08	

Таблиця 3. Розподіл площі лісостанів за участю сосни звичайної за типами лісорослинних умов та не відповідністю сосновим типам лісу, га

Table 3. Distribution of the area of forest stands with the participation of Scots pine by types of forest growth conditions and non-compliance with pine forest types, ha

Гігротоп	Трофотоп			Всього	
	В	С	Д	га	%
1	–	–	–	–	–
2	–	2540,5	1781,2	4321,7	31,36
3	11,8	5780,2	3467,6	9259,6	67,20
4	0,4	175,5	19,1	195,0	1,42
5	–	2,0	0,6	2,6	0,02
Всього	га	12,2	8498,2	5268,5	100
	%	0,09	61,67	38,24	

Таблиця 4. Розподіл площі лісостанів за часткою сосни звичайної в складі деревостанів та типами лісорослинних умов, га

Table 4. Distribution of the area of forest stands by the share of Scots pine in the composition of the forest stands and according to the types of forest growth conditions, ha

Частка сосни	Типи лісорослинних умов				Всього	
	A ₁₋₅	B ₂₋₅	C ₂₋₅	D ₂₋₅	га	%
1	—	—	9,6	—	9,6	0,01
2	—	10,5	123,8	26,7	161,0	0,11
3	1,2	322,8	1645,2	266,7	2235,9	1,48
4	31,4	1451,5	4024,9	506,6	6014,4	3,98
5	79,8	1751,7	4752,5	616,4	7200,4	4,75
6	100,1	3212,1	7311,5	638,1	11261,8	7,45
7	173,3	3952,2	8814,0	741,3	13680,8	9,04
8	467,5	7981,3	11364,6	878,0	20691,4	13,68
9	336,8	6744,1	10736,8	580,9	18398,6	12,16
10	4525,8	40239,9	25813,1	1013,8	71592,6	47,33
Всього	5715,9	65666,1	74596,0	5268,5	151246,5	100

Для деревостанів за участю сосни звичайної характерна загальна для лісів України тенденція – переважання середньовікових деревостанів, частка яких складає 33,7%. У Львівському регіоні середньовікові деревостани за участю сосни займають площу 69723,4 га (46,1%) (табл. 5). На значній площі поширені також пристиглі деревостани – 32711,3 га (21,6%) та молодняки першого і другого класів віку – 31284,4 га (20,7%). Найменша площа (126,2 га або 0,1%) характерна для перестійних деревостанів за участю сосни, що свідчить про високий рівень ведення лісового господарства підприємствами в соснових господарствах.

Понад 64 % площ деревостанів за участю сосни звичайної у всіх типах лісорослинних умов характеризуються середньою відносною повно-

тою – 0,51-0,80 (табл. 6). Значну площу займають також високоповнотні (0,81 і більше) деревостани – 38801,2 га (25,7%). Така повнота деревостанів є раціональною та доцільною як з погляду здійснення господарської діяльності підприємств, так і з погляду забезпечення біотичної стійкості деревостанів. Низькоповнотні деревостани за участю сосни (0,31-0,50) поширені порівняно на невеликій площі – 7476,5 га (4,9%).

Загалом соснові деревостани в регіоні досліджень відзначаються високою продуктивністю і досягають I, I^a, I^b і навіть I^c та I^d класів бонітету (табл. 7). Площа цих високобонітетних деревостанів складає 124548,1 га (82,3%). Причому високобонітетні соснові деревостани є характерними і для бідних борових умов.

Таблиця 5. Розподіл площі лісостанів за участю сосни звичайної за групами віку та типами лісорослинних умов, га

Table 5. Distribution of the area of forest stands with the participation of Scots pine by year classes and types of forest growth conditions, ha

Групи віку	Типи лісорослинних умов				Всього	
	A ₁₋₅	B ₂₋₅	C ₂₋₅	D ₂₋₅	га	%
Незімкнуті лісові культури	295,6	3508,1	3831,5	46,1	7681,3	5,08
Молодняки 1 класу віку	447,2	6035,3	6071,4	95,3	12649,2	8,36
Молодняки 2 класу віку	1025,4	9252,1	8134,9	222,8	18635,2	12,32
Середньовікові	2807,9	28666,2	34680	3569,3	69723,4	46,10
Пристиглі	964,6	13928,9	16754,4	1063,4	32711,3	21,63
Стиглі	150,6	4252	5046,7	270,6	9719,9	6,43
Перестійні	24,6	23,5	77,1	1,0	126,2	0,08
Разом	5715,9	65666,1	74596	5268,5	151246,5	100

Таблиця 6. Розподіл площі лісостанів за участю сосни звичайної за класами відносних повнот та типами лісорослинних умов, га

Table 6. Distribution of the area of forest stands with the participation of Scots pine by relative density classes and types of forest growth conditions, ha

Класи відносних повнот	Типи лісорослинних умов				Всього	
	A ₁₋₅	B ₂₋₅	C ₂₋₅	D ₂₋₅	га	%
Незімкнуті лісові культури	295,6	3508,1	3831,5	46,1	7681,3	5,1
Рідколісся	5,3	56,2	86,5	1,4	149,4	0,1
Низькоповнотні (0,31 до 0,50)	285,4	2366,1	4700,0	125,0	7476,5	4,9
Середньоповнотні (0,51 до 0,80)	3603,2	41659,1	47922,8	3953	97138,1	64,2
Високоповнотні (0,81 і більше)	1526,4	18076,6	18055,2	1143,0	38801,2	25,7
Разом	5715,9	65666,1	74596,0	5268,5	151246,5	100

Таблиця 7. Розподіл площі лісостанів за участю сосни звичайної за бонітетом деревостану та типами лісорослинних умов, га

Table 7. Distribution of the area of forest stands with the participation of Scots pine by site classes and types of forest growth conditions, ha

Бонітет	Типи лісорослинних умов				Всього	
	A ₁₋₅	B ₂₋₅	C ₂₋₅	D ₂₋₅	га	%
I	2382,7	38369,9	36123,1	1619,8	78495,5	51,89
I ^a	431,4	12391,2	24889,1	2471,7	40183,4	26,56
I ^b	50,3	1220,8	3333,3	861,7	5466,1	3,61
I ^c	12,9	87,9	220,4	45,9	367,1	0,24
I ^d	1,2	3,7	24,4	6,2	35,5	0,02
II	2021,7	11200	9049,3	242,4	22513,4	14,89
III	606,9	2052,3	889,1	18,6	3566,9	2,39
IV	170,7	281,1	65,5	2,2	519,5	0,34
V	29,4	50,3	1,8	–	81,5	0,05
V ^a	8,7	8,9	–	–	17,6	0,01
Всього	5715,9	65666,1	74596,0	5268,5	151246,5	100

Частка деревостанів другого класу бонітету становить 22513,4 га (14,9%). На невеликій площі поширені низькобонітетні деревостани за участю сосни звичайної (III-V^a бонітету) – 4185,5 га (2,7%). Серед них деревостани V-V^a класів бонітету займають лише 99,1 га (0,06%).

Високі класи бонітету зумовлюють доволі значні запаси стовбурової деревини у соснових деревостанах, які сягають понад 300 м³/га уже в пристиглому віці (рис. 2). Найбільші запаси, за проведення сприятливих для росту сосни звичайної лісогосподарських заходів, формуються у нехарактерних для деревного виду грудових умовах (D₂-D₅). Високими є запаси соснових деревостанів також в сугрудах (C₂-C₅). Однак, навіть у бідних борових умовах (A₁-A₅) деревостани сосни у Львівському регіоні досягають запасу 160-260 м³/га у середньовіковому та пристиглому вікових періодах.

Варто зазначити, що найбільший щорічний приріст соснових деревостанів за запасом спостерігається у середньовіковому періоді у всіх типах лісорослинних умов (рис. 3). У цьому віковому пе-

ріоді деревостани сосни звичайної досягають щорічного приросту запасу 4,5-5,8 м³/га. У стиглому і перестійному віці щорічний приріст деревостанів за участю сосни звичайної різко зменшується – до 2 м³/га і менше. У зв'язку з цим, особливу увагу аспектам росту і розвитку соснових деревостанів у лісовому фонді лісогосподарських підприємств потрібно приділяти в молодому, середньовіковому і пристиглому періодах.

Дискусія (Discussion). Аналіз результатів досліджень показує, що *Pinus sylvestris* у Львівському регіоні, як і в Україні загалом, є основним лісотвірним деревним видом. Її деревостани на території регіону займають 23,7% від площі вкритих лісовою рослинністю земель. Інші лісотвірні деревні види Львівського регіону мають меншу частку площі: бук лісовий – 17,2%, дуб звичайний – 14,5%, ялина європейська – 13,5%, ялиця біла – 8,5% та вільха чорна – 5,8%. Причому значну площу лісостанів за участю сосни звичайної (94648,8 га або 62,5% від площі зайнятої сосновими деревостанами) мають природне походження, що свідчить про раціо-

нальне, лісівничо доцільне ведення лісового господарства у Львівському регіоні. Природні деревостани, порівняно зі штучними, є біотично стійкішими та продуктивнішими, на більш високому рівні виконують лісівничо-екологічні функції.

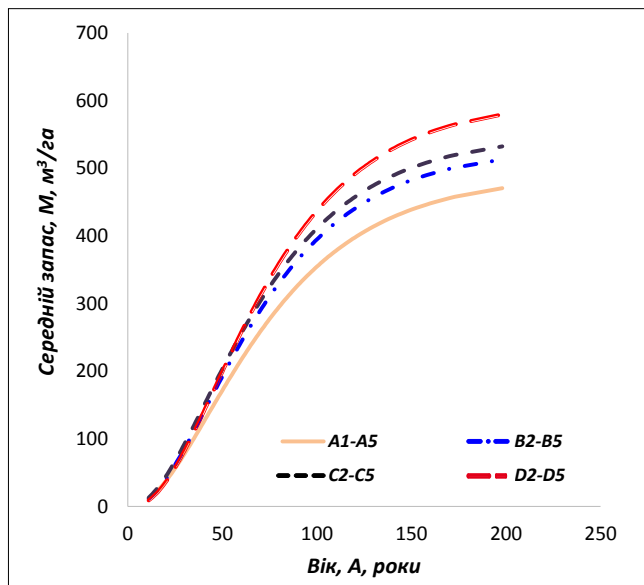


Рис. 2. Динаміка середніх запасів соснових деревостанів за типами лісорослинних умов

Fig. 2. Dynamics of average growing stock of pine forest stands by types of forest growth conditions

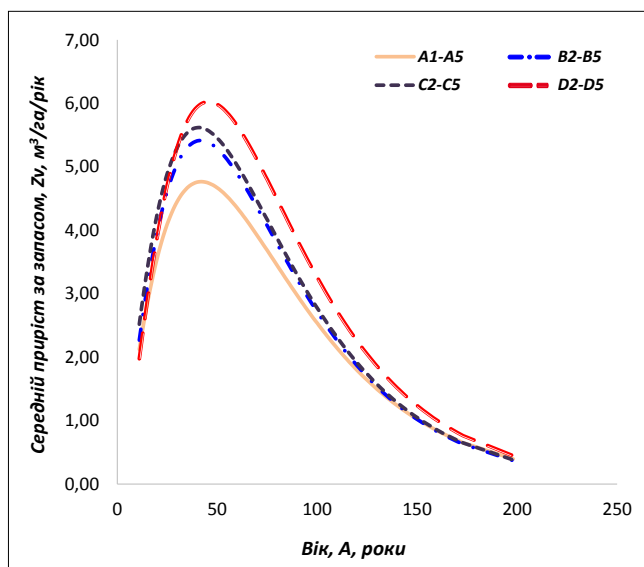


Рис. 3. Динаміка середнього щорічного приросту за запасом соснових деревостанів за типами лісорослинних умов

Fig. 3. Dynamics of average annual increment in the growing stock of pine stands by types of forest growth conditions

Незважаючи на світлолюбність сосни, високу потребу в світловому живленні її самосіву та підросту, результати проведених досліджень (Горшенін, 1972; Герушинський, Зарубенко, 1996; Гордієнко, Ковалевський, 2002; Данькевич, 2008; Фучи-

ло, Рябухін, 2011; Фединишин, Мазепа, 2014; Криницький та ін., 2021, 2022; Турко та ін., 2023) свідчать про можливість відтворення соснових деревостанів природним шляхом і на цих засадах організовувати на лісгосподарських підприємствах екологічно орієнтоване, соціально прийнятне та економічно вигідне наближене до природи лісівництво, за якого відсутні суцільні зруби, і лісові насадження постійно виконують життєзабезпечуючі функції (Криницький та ін., 2014).

Для появи самосіву, росту і розвитку підросту сосни звичайної під наметом деревостанів необхідно, насамперед, забезпечити достатнє світлове живлення. Воно повинне бути не нижче 3300 лк (Веретенников, 1987). Особливо проблемними є поява і виживання самосіву сосни у відносно багатих сугрудових лісорослинних умовах, де зазвичай, формуються мішані соснові лісостани за участю тінювитривалих хвойних і листяних деревних видів. Під зімкнутим наметом таких лісостанів сосновий самосів гине уже впродовж першого вегетаційного періоду (Горшенін, 1972). Для його виживання необхідне розрідження зімкнутих насаджень. За даними М. І. Гордієнка, С. Б. Ковалевського (2002) найдоцільнішою для проходження процесів природного поновлення сосни звичайної, залежно від багатства лісорослинних умов, є зімкнутість крон материнських деревостанів в межах 0,67-0,86. Більша зімкнутість крон не забезпечує самосіву сосни достатнє піднаметове світлове живлення, менша – приводить до інтенсивного розростання трав'яного вкриття і задерніння ґрунту, що також гальмує соснове поновлення. За результатами досліджень (Горшенін, 1972; Данькевич, 2008; Криницький та ін., 2014; Lavnyy et al., 2022) сприятливі умови для поновлення сосни звичайної природним шляхом створює проведення рівномірно-поступової, групово-поступової, вузько-лісосічної суцільної рубок головного користування та рубок переформування.

Варто також наголосити, що відтворення деревостанів сосни звичайної необхідно проводити лише у відповідних для неї типах лісорослинних умов і типах лісу. Особливо неприйнятним і недоречним є введення сосни у грудкові умови (D), де типотвірними деревними видами є висококонкурентні, порівняно з нею, інші хвойні (ялина, ялиця) та листяні (дуб, бук тощо) види. Окрім цього, у грудкових типах лісу сосна має дуже низьку якість деревини, яка відзначається високою сучкуватістю та низькими фізико-механічними властивостями. На жаль, у Львівському регіоні на цей час, як показали проведені дослідження, деревостанів за участю сосни звичайної в грудкових умовах створено понад 5 тис. га (див. табл. 3).

Висновки (Conclusions). Сосна звичайна у Львівському регіоні поширена на площі 151246,5 га як у властивих, так і невластивих для неї типах лісорослинних умов і типах лісу. У відповідних для неї лісорослинних умовах вона утворює чисті і мішані деревостани на площі 137467,6 га (90,9%). Проте на площі 13778,9 га (9,1%) участь сосни у складі насаджень є не доцільною, оскільки ґрунтово-

гідрологічні умови цієї території не відповідають її біологічним властивостям.

Загалом сосна звичайна характеризується значним екологічним потенціалом, який реалізується в різних лісорослинних умовах. У зв'язку з цим, наявні зміни клімату (навіть у комплексі з антропогенними негативними чинниками) істотно не впливають на ареал сосни звичайної.

Водночас для забезпечення високої життєвості дерев сосни звичайної, збереження соснових лісостанів та підвищення їх біотичної стійкості необхідне регулярне проведення низки лісгосподарських заходів, серед яких: регулярне проведення обстеження насаджень, виявлення осередків хвороб та масового розвитку комах-фітофагів, використання наземні і дистанційні методи досліджень; своєчасне та високоякісне проведення рубок догляду, рубок головного користування, санітарних рубок, проведення їх в оптимальний сезонний період, виконання всього комплексу передбачених оздоровчих і попереджувальних заходів щодо подальшого розвитку фітохвороб і шкідників; збільшення біорізноманіття насаджень шляхом вирощування мішаних різновікових деревостанів, охорони і збереження різних компонентів лісових екосистем; створення лісових культур відповідно до едафокліматичних умов територій та засад лісонасінного районування; проведення генетико-селекційних робіт з відбору біологічно стійких генотипів сосни звичайної; запровадження вибіркового, наближеного до природи лісівництва, яке передбачає вирощування різновікових, зазвичай, мішаних деревостанів з багаторярусною вертикально і горизонтально зімкнутою структурою на основі природного насінного поновлення.

Загалом у соснових господарствах потрібно практикувати вирощування мішаних соснових деревостанів за участю листяних деревних видів. Під час цього процесу необхідно максимально використовувати природне поновлення та за необхідності доповнювати його створенням мішаних соснових культур.

Список літератури (References)

- Бондар, В. Н. (2019). Причини та наслідки погіршення санітарного стану лісів і деградації лісових екосистем в Україні. *Соснові ліси: сучасний стан, існуючі проблеми та шляхи їх вирішення: матеріали міжнарод. наук.-практ. конф., м. Київ, 12-13 червня 2019 р. Київ, 8-16* [Bondar, V. N. (2019). Reasons and consequences of worsening of forests vitality and forest ecosystems' degradation in Ukraine. In *Pine forests: current status, existing problems and ways to solve them: Proceedings of the international scientific-practical conference*. Kyiv, 8-16. Kyiv, Ukraine: National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine] (in Ukrainian)
- Бородавка, В. О., Гетьманчук, А. І., Кичиліук, О. В., Войтюк, В. П. (2016). Патологічні процеси у всихаючих соснових насадженнях Волинського Полісся. *Науковий вісник НУБіП України: Лісівництво та декоративне садівництво*, 238, 102-118 [Borodavka, V. O., Getmanchuk, A. I., Kichilyuk, O. V., & Voytiuk, V. P. (2016). Pathological processes in drying pine plantations of Volyn Polissia. *Scientific Bulletin of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine: Forestry and ornamental horticulture*, 238, 102-118. Retrieved from http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau_lis_2016_238_14] (in Ukrainian)
- Веретенников, А. В. (1987). *Физиология растений с основами биохимии*. Воронеж: изд-во Воронеж. гос. ун-та [Veretennikov, A. V. (1987). *Physiology of plants with basics of biochemistry*. Voronezh: Voronezh State University] (in Russian)
- Воробьев, Д. В. (1953). *Типы леса Европейской части УССР*. Киев: Изд-во АН СССР [Vorobiev, D. V. (1953). *Forest types of the European part of the Ukrainian SSR*. Kyiv: Publishing house of the Academy of Sciences of the USSR] (in Ukrainian)
- Герушинський, З. Ю., Зарубенко, Р. Г. (1996). *Збереження і відтворення сосново-дубових деревостанів Розточчя*. Львів: НЛТУ України [Gerushinskyy, Z. Yu., & Zarubenko, R. G. (1996). *Preservation and regeneration of pine-oak stands in Roztochchya*. Lviv: Ukrainian National Forestry University] (in Ukrainian)
- Гордієнко, М. І., Ковалевський, С. Б. (2002). Природне поновлення сосни звичайної в умовах свіжих суборів при різній інтенсивності розростання трав'яних рослин. *Науковий вісник НЛТУ України*, 12.3, 8-13 [Gordienko, M. I., & Kovalevskii, S. B. (2002). Natural regeneration of Scots pine under conditions of fresh fairly infertile pine forest type at different intensities of growth of herbaceous plants. *Scientific bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 12.3, 8-13. Retrieved from https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2002/12_3/3.pdf] (in Ukrainian)
- Горошко, М. П., Миклуш, С. І., Хомюк, П. Г. (2004). *Біометрія*. Львів: Камула [Goroshko, M. P., Myklush, S. I., & Khomyuk, P. H. (2004). *Biometry*. Lviv: Kamula] (in Ukrainian)
- Горшенин, Н. М., Бутейко, А. І. (1962). *Определитель типов условий местопроизрастаний*. Львов: ЛГУ [Gorshenin, N. M., & Buteyko, A. I. (1962). *Determinant of types of site conditions*. Lviv: Lviv State University]
- Горшенін, М. М. (1972). *Стационарні дослідження впливу різних способів поступових рубок на умови середовища, продуктивність деревостанів і лісовідновлення*. Львів: Каменяр [Gorshenin, M. M. (1972). *Stationary studies of the impact of various methods of gradual felling on environmental conditions, productivity of stands and reforestation*. Lviv: Kamenyar]
- Данькевич, С. М. (2008). Природне відновлення плюсового насадження сосни звичайної у заказнику «Лопатинський». *Науковий вісник НЛТУ України*, 18. II, 39-43 [Dankevich, S. M. (2008). Natural regeneration of plus stand of Scots pine in the Lopatynskyy reserve. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 18(11), 39-43. Retrieved from <https://nv.nltu>

- edu.ua/Archive/2008/18_11/39_Dankiewicz_18_11.pdf] (in Ukrainian)
- Дебринюк, Ю. М., Криницький, Г. Т. (2012). До питання про класифікацію сугрудових типів лісу за участю сосни та дуба в Західному регіоні України. *Сучасний стан і перспективи розвитку лісової типології в Україні: матеріали першої всеукраїнської лісотипологічної конференції «XII Погребняківські читання»*, м. Львів, 10-11 червня 2010 р. Львів: НЛТУ України, 58-66 [Debryniuk, Yu., & Krynytskyu, H. T. (2012). Regarding the classification of fairly fertile site types with the participation of pine and oak in the Western region of Ukraine. In *The current state and prospects for the development of forest typology in Ukraine: Proceedings of the first all-Ukrainian forest typology conference "The XII-th Pogrebnyak readings"*, Lviv, 58-66. Lviv, Ukraine: Ukrainian National Forestry University] (in Ukrainian)
- Єремєєв, В., Єфімов, В. (2003). Регіональні аспекти глобальної зміни клімату. *Вісник НАН України*, 2, 14-19 [Yeremeyev, V., & Yefimov, V. (2003). Regional aspects of global climate change. *Bulletin of the National Academy of Sciences of Ukraine*, 2, 14-19. Retrieved from <https://visnyk-nanu.org.ua/ojs/index.php/v/article/view/4215>] (in Ukrainian)
- Жежжун, А. М., Порожняк, І. В. (2020). Всихання соснових деревостанів Східного Полісся: поширення, наслідки, заходи подолання. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 21, 126-134 [Zhezhkun, A. M., & Porohnyach, I. V. (2020). Dieback of pine stands in Eastern Polissya: distribution, consequences, measures to overcome. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 21, 126-134. <https://doi.org/10.15421/412033>] (in Ukrainian)
- Косовець, О. О., Пахольук, О. Є. (2008). Особливості температурного режиму України у 2007 р. *Праці Центральної геофізичної обсерваторії*, 4(18), 7-10 [Kosovets, O. O., & Pakholiuk, O. E. (2008). Peculiarities of the temperature regime of Ukraine in 2007. *Proceedings of the Central Geophysical Observatory*, 4(18), 7-10] (in Ukrainian)
- Крамарець, В. О., Мацяк, І. П. (2017). Масове відмирання лісів – причини, наслідки, можливі шляхи протидії. *Наукові основи збереження біотичної різноманітності*, 8(15), 45-62 [Kramarets, V. O., & Matsyakh, I. P. (2017). Mass extinction of forests – causes, consequences, possible ways to counteract. *Scientific bases of biodiversity conservation*, 8(15), 45-62. Retrieved from <https://ecoinst.org.ua/periodychni-vydannia/spbc-2017>] (in Ukrainian)
- Криницький, Г. Т., Крамарець, В. О., Мацяк, І. П. (2019). Лісівничо-екологічні засади збереження соснових лісів. *Соснові ліси: сучасний стан, існуючі проблеми та шляхи їх вирішення: матеріали міжнарод. наук.-практ. конф.*, м. Київ, 12-13 червня 2019 р. Київ: Планета-принт, 42-54 [Krynytskyu, H. T., Kramarets, V. O., & Matsyakh, I. P. (2019). Forestry and ecological principles of pine forests preservation. In *Pine forests: current status, existing problems and ways to solve them: Proceedings of the international scientific-practical conference*. Kyiv, 42-54. Kyiv, Ukraine: National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine] (in Ukrainian)
- Криницький, Г. Т., Мазепа, В. Г., Новак, А. А., Данкевич, С. М. (2013). Динамічні тенденції клімату Західного Лісостепу України та їх вплив на санітарний стан лісостанів. *Науковий вісник НУБіП України*, 187, 254-263 [Krynytskyu, G. T., Mazepa, V. G., Novak, A. A., & Dankevich, S. M. (2013). Dynamic climate trends of the Western Forest-Steppe of Ukraine and their influence on the sanitary condition of forest stands. *Scientific Bulletin of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*, 187, 254-263. Retrieved from http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau_lis_2013_187_1_42] (in Ukrainian)
- Криницький, Г. Т., 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 [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>] (in Ukrainian)
- 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» [Krynytskyu, H. T., Cherniavskyu, 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*. Uzhgorod: PE "Kolo". Retrieved from <http://www.forza.org.ua/uk/nablizhene-do-prirodi-ta-bagatofunkcionalne-vedennya-lisovogo-gospodarstva-v-karpatskomu-regioni>] (in Ukrainian)
- 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 [Krynytskyu, H. T., Yakhnytskyu, V. Yo., Pavlyuk, N. V., & Pavlyuk, 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>] (in Ukrainian)
- Лісове господарство України (2019). Київ: Державне агентство лісових ресурсів України [Forestry of Ukraine (2019). Kyiv: State Agency of Forest Resources of Ukraine. Retrieved from http://ekoinform.com.ua/wp-content/uploads/2019/01/Brosura_DALR_2019_UA-web.pdf] (in Ukrainian)
- Мазепа, В. Г., Криницький, Г. Т., Леонтьак, Г. П. (2009). Наслідки впливу змін клімату та атмосферного забруднення на радіальний приріст сосняків в умовах Малого Полісся України. *Науковий вісник НЛТУ України*, 19(15), 56-63 [Mazepa, V. G., Krynytskyu, H. T., & Leontjak, H. P. The results of climate changes and air pollution influence on pine stands radial increment in the conditions of Small Polissya of Ukraine.

- Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 19(15), 56-63. Retrieved from https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2009/19_15/56_Maz.pdf (in Ukrainian)
- Остапенко, Б. Ф., Ткач, В. П. (2002). *Лісова типологія*. Харків: ХДАУ [Ostapenko, B. F., & Tkach, V. P. (2002). *Forest typology*. Kharkiv: Kharkiv State Agrarian University] (in Ukrainian)
- Площі пробні лісовпорядні. Метод закладання. (2006). СОУ 02.02-37-476:2006. [Чинний від 2007-05-01]. Київ: Мінагрополітики України [*Forest inventory sample plots. Establishing method*. (2006). Corporate standard 02.02-37-476:2006]. Valid from May 1, 2007. Kyiv: Ministry of Agrarian Policy of Ukraine] (in Ukrainian)
- Публічний звіт голови Державного агентства лісових ресурсів України за 2022 рік. (2022). Київ: Держлісгентство України [Public report of the head of the State Forest Resources Agency of Ukraine for 2022. (2022). Kyiv: State Agency of Forest Resources of Ukraine] (in Ukrainian)
- Сазонов, А., Звягинцев, В. (2016). «Биологический пожар» соснового леса. *Лесное и охотничье хозяйство*, 6, 9-13 [Sazonov, A., & Zvyagintsev, V. (2016). "Biological fire" of a pine forest. *Forestry and hunting*, 6, 9-13] (in Russian)
- Ткач, В. П. (2012). Ліси та лісистість в Україні: сучасний стан і перспективи розвитку. *Український географічний журнал*, 2, 49-55 [Tkach, V. (2012). Forests and forest cover of Ukraine: the current state and perspectives of development. *Ukrainian Geographical Journal*, 2, 49-55. https://ukrgeojournal.org.ua/sites/default/files/UGJ-2012-2-49_0.pdf] (in Ukrainian)
- Турко, В. М., Вишневецький, А. В., Сірук, Ю. В., Жуковський, О. В. (2023). Особливості лісовідновлення в осередках кореневої губки в сосняках свіжих суборів Житомирського Полісся. *Науковий вісник НЛТУ України*, 33(2), 38-44 [Turko, V. M., Vyshnevskiy, A. V., Siruk, Y. V., & Zhukovskiy, O. V. (2023). Some peculiarities of reforestation in the root rot foci in fresh mixed conifer forests of Zhytomyr Polissya area. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 33(2), 38-44. <https://doi.org/10.36930/40330205>] (in Ukrainian)
- Феденишин, М. Р., Мазепа, В. Г. (2014). Особливості природного поновлення сосни звичайної в умовах Малого Полісся України. *Науковий вісник НЛТУ України*, 24(5), 57-62 [Fedenyshyn, M. R., & Mazepa, V. H. (2014). Natural Regeneration Features of Scotch Pine in Small Polissya of Ukraine. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 24(5), 57-62. https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2014/24_5/12.pdf] (in Ukrainian)
- Фучило, Я. Д., Рябухін, О. Ю. (2011). Природне поновлення соснових лісів Східного Полісся. *Науковий вісник НЛТУ України*, 21(8), 57-61 [Fuchilo, Ya. D., & Ryabukhin, O. Yu. Natural renewal of pine forests of East Polissya. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 21(8), 57-61. Retrieved from https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2011/21_8/57_Fucz.pdf] (in Ukrainian)
- Швиденко, А. З., Савич, Ю. Н., Строчинський, А. А., Поляков, В. К., Канунников, Н. Е. (1987). *Нормативно-справочные материалы для таксации лесов Украины и Молдавии*. Киев: Урожай [Shvidenko, A. Z., Savych, Y. N., Storchinsky, A. A., Polyakov, V. K., & Kanunnikov, N. E. (1987). *Normative and reference materials for forest inventory in Ukraine and Moldova*. Kyiv: Urozhaj] (in Russian)
- Boczon, A. (2006). Charakterystyka warunków termiczno-pluwialnych w Puszczy Białowieskiej w latach 1950-2003. *Leśne Prace Badawcze*, 1, 57-72 [Boczon, A. (2006). Characteristics of thermal-pluvial conditions in the Białowieża Forest in the years 1950-2003. *Leśne Prace Badawcze*, 1, 57-72] (in Polish)
- Davydenko, K., Vasaitis, R., & Menkis, A. (2017). Fungi associated with *Ips acuminatus* (Coleoptera: Curculionidae) in Ukraine with a special emphasis on pathogenicity of ophiostomatoid species. *European Journal of Entomology*, 114, 77-85. <https://doi.org/10.14411/eje.2017.011>
- Jabłoński, T., Tarwacki, G., & Sukovata, L. (2019). Pine forest condition in Poland in 2015-2018. *Соснові ліси: сучасний стан, існуючі проблеми та шляхи їх вирішення: матеріали міжнарод. наук.-практ. конф., м. Київ, 12-13 червня 2019 р.* Київ: Планета-принт, 83-88 [Jabłoński, T., Tarwacki, G., & Sukovata, L. (2019). Pine forest condition in Poland in 2015-2018. In *Pine forests: current status, existing problems and ways to solve them: Proceedings of the international scientific-practical conference*. Kyiv, 83-88. Kyiv, Ukraine: National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine] (in Ukrainian)
- Krynytskyy, H. T., Chernyavskyy, M. V., & Krynytska, O. H. (2016). Forestry of Ukraine: current state and development trends. *Bulletin of the Transilvania University. Series II "Forestry, Wood Industry, Agricultural Fjfd Engineering"*, 9(58), №2, 25-31. Retrieved from http://rs.unitbv.ro/Bulletin/Series%20II/BULETIN%20I/04_Krynytskyy.pdf
- Lavnyy, V., Spathelf, P., Kravchuk, R., Vytseha, R., & Yakhnytskyy, 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>
- Matsiakh, I., Doğmuş-Lehtijärvi, H. T., Kramarets, V., Aday Kaya, A. G., Oskay, F., Drenkhan, R., & Woodward, S. (2018). *Dothistroma* spp. in Western Ukraine and Georgia. *Forest Pathology*, 48(2), [e12409]. <https://doi.org/10.1111/efp.12409>
- Pierzgalski, E., Boczon, A., & Tyszka, J. (2002). Zmienność opadów i położenia wód gruntowych w Białowieżskim Parku Narodowym. *Kosmos. Problemy Nauk Biologicznych*, 4, 415-425 [Pierzgalski, E., Boczon, A., & Tyszka, J. (2002). Variability of rainfall and groundwater location in the Białowieża National Park. *Cosmos. Problemy Nauk Biologiczne*, 4, 415-425] (in Polish)
- Seidl, R., Müller, J., Hothorn, T., Bässler, C., Heinrich, M., & Kautz, M. (2016). Small beetle, large-scale drivers: how regional and landscape factors affect outbreaks of the European spruce bark beetle. *Journal of Applied Ecology*, 53, 530-540. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12540>

Forestry and ecological features of distribution and improvement of biotic stability of pine forests in the conditions of Lviv region¹

H. Krynytskyy², M. Korol³, V. Lavnyy⁴, V. Kovaleva⁵, V. Kramarets⁶, O. Krynytska⁷, V. Maguran⁸

In the context of climate change and growing anthropogenic pressure, identified were the features of the distribution and silvicultural indicators of the functioning of pine stands in Lviv region, taking into account various types of forest site conditions. Measures have been developed on silvicultural and ecological principles to increase biotic stability and to preserve Scots pine stands. The total area of forest land in the region where pine is common is 151,246.5 ha, of which 94,648.8 ha (62.5%) are occupied by stands of artificial origin, 48,898.3 ha (32.3%) are of natural origin, 7,681.3 ha (5.19%) – open forest crops, 149.4 ha (0.1%) – sparse forests. It should be also noted that pine forest stands in Lviv region are distributed in all four trophotopes – A, B, C, and D, and in dry, fresh,

moist, wet, and very wet hygrotopes. They are most common in fresh and moist fairly infertile pine site types (42.1%) as well as in fresh and moist fairly fertile site types (49.0%). In general, Scots pine in the region grows in appropriate climatic-edaphic and phytocoenotic conditions, in which it occupies an area of 137,467.6 ha or 90.9% of the total area of pine forest stands and acts as a type-forming species or a climatic type-forming admixture. At the same time, over an area of 13,778.9 ha (9.1%), Scots pine is distributed in forest growth conditions that are not typical for it, in particular in fertile site types (5,268.5 ha), fairly fertile site types (8,498.2 ha), fairly infertile pine site types (12.2 ha).

The largest area in all types of forest growth conditions is occupied by pure pine stands (10 units – 71,592.6 ha (47.3%). Forest stands with a share of pine in the composition of 6, 7, 8 and 9 units are also common – 64,032.6 ha (42.4%), and only in a small area (170.6 ha; 0.1%), there are stands in which pine is represented by one or two units. In terms of age, in Lviv region middle-aged pine forest stands are predominant (69,723 ha; 46.1%). A significant area is also occupied by maturing stands – 32,711.3 ha (21.6%) and young growth – 31,284.4 ha (20.7%). More than 64% of pine-involved stands are characterized by medium relative density (0.51-0.80), and 25.7% are high-density stands (0.81 and more).

Pine forests in the region are highly productive and reach site classes I, I^a, I^b and even site classes I^c, I^d. They occupy an area of 12,548.1 ha (82.3%). Low-quality pine-involved stands (site classes III-V^a) are spread over a small area (4,185.5 ha or 2.7%). The growing stock of the pine stands already at a maturing stage reaches more than 300 m³/ha. The largest growing stock is, of course, in fairly fertile site type and fertile site type which is not typical for pine. However, even in infertile pine site types, the growing stock in the pine stands in Lviv region reaches 160-260 m³/ha at the middle-aged stage and the age of pre-maturity. The largest annual increment of pine stands in terms of stemwood in all types of forest growth conditions is observed in the mid-aged period – 4.5-5.8 m³/ha.

To ensure high vitality and preservation of pine stands, it is necessary to regularly carry out a number of forestry activities, including: conducting pathological examinations and health-improving activities; timely conducting tending, main, and sanitary fellings; increasing the biodiversity of forest stands; creation of forest cultures in accordance with edapho-climatic conditions of the territory of the region and forest-seed zoning; selection of biologically stable genotypes of Scots pine; introduction of selection-system, close-to-nature forestry based on natural renewal.

In general, in pine forest management units, it is necessary to practice the cultivation of mixed pine stands with the participation of broad-leaved tree species. At the same time, it is necessary to make maximum use of natural regeneration and, if necessary, to supplement it with the creation of mixed pine cultures.

Key words: types of forest growth conditions; artificial and natural regeneration; productivity; composition; density; stand year classes; forestry activities.

¹ The work was supported by a grant of the National Research Fund of Ukraine, No. 2021.01/0184

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. Tel.: 032-237-89-05, +38-067-784-11-60. E-mail: krynytsk@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7020-9991>

³ *Mykola Korol* – PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor at the Department of Forest Taxation and Forest Management, Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: +38-067-670-20-55. E-mail: nikkorol@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9023-0840>

⁴ *Vasyl Lavnyy* – Full Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Vice-rector for scientific work, National Forestry University of Ukraine, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. Phone: +38-098-859-72-07. E-mail: lavnyy@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2069-9026>

⁵ *Valentyna Kovaleva* – Ph.D in biology, Senior researcher, Senior researcher at the Research Department at Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: +38-032-237-89-05, +38-097-500-54-72. E-mail: kovaleva@nltu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3099-2747>

⁶ *Volodymyr Kramarets* – Full 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. Tel.: +38-050-571-0960. E-mail: v.kramarets@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5978-3711>

⁷ *Olga Krynytska* – PhD in Agricultural Sciences, Senior Research Fellow, Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: +38-067-672-28-96. E-mail: olk@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4624-7768>

⁸ *Volodymyr Mahuran* – PhD candidate of the Department of Botany, Wood Science and Non-Wood Forest Products, Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: +38-068-040-80-82. E-mail: vol.mahuran20@nltu.lviv.ua ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-7786-3874>



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

<http://fasu.nltu.edu.ua>
<https://doi.org/10.15421/412307>

Article received 2023.08.10
Article accepted 2023.11.23

ISSN 1991-606X print

ISSN 2616-5015 online

@ ✉ Correspondence author

Vasyl Lavnyy

lavnyy@gmail.com

103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine

УДК 630*187:630*2

Динаміка таксаційних показників ялинових деревостанів на північно-східному макросхилі Українських Карпат

В. В. Лавний¹, О. Б. Матусевич²

Досліджено динаміку таксаційних показників деревостанів у двох переважаючих типах ялинових лісів – вологій буково-ялицевій сусмеречині та вологій високогірній сусмеречині на 41 пробній ділянці загальною площею 7,225 га на території Івано-Франківської, Львівської та Чернівецької областей. Пробні ділянки було закладено у лісостанах як природного, так і штучного походження різної повноти. Вони знаходилися у лісах різних категорій, на схилах різної експозиції та стрімкості. Вік досліджених ялинових деревостанів становив від 31 до 157 років. Запаси стовбурової деревини в ялинових деревостанах залежно від віку, класу бонітету, висоти над рівнем моря та повноти змінюються від 207 до 1044 м³·га⁻¹.

Згідно розробленої моделі прогнозу росту ялинових деревостанів I класу бонітету в умовах вологої високогірної сусмеречини, у віці 100 років вони будуть мати такі таксаційні показники: середню висоту – 29,6 м, середній діаметр – 31,8 см, суму площ поперечних перерізів – 40,4 м², густоту – 510 дерев/га, запас стовбурової деревини – 563 м³·га⁻¹. В умовах вологої буково-ялицевої сусмеречини ялинові деревостани Iⁿ класу бонітету у віці 100 років будуть мати такі таксаційні показники: середню висоту – 33,4 м, середній діаметр – 39,8 см, суму площ поперечних перерізів – 41,2 м², густоту – 331 дерев/га, запас стовбурової деревини – 652 м³·га⁻¹.

Середня зміна запасу (без урахування відпаду) у віці 100 років за переважаючої відносної повноти 0,7 у вологій високогірній сусмеречині становить 5,7 м³·га⁻¹, а у вологій буково-ялицевій сусмеречині – 6,6 м³·га⁻¹ за рік. Для нормальних деревостанів з відотною повнотою 1,0 вона може досягати щорічно відповідно 8,1 м³·га⁻¹ у типі лісу С₃–См і 9,4 м³·га⁻¹ – у типі лісу С₃–бк–яцСм.

Результати порівняння отриманої моделі динаміки таксаційних показників ялинових деревостанів з існуючими таблицями ходу росту Є. І. Цурика та Г. А. Ходота показали незначні відхилення. Максимальна розбіжність (29,7%) існує за густотою ялинових деревостанів в умовах вологої буково-ялицевої сусмеречини.

Ключові слова: *Picea abies* (L.) Karst.; типи лісу; волога сусмеречина; клас бонітету; середня висота; середній діаметр; сума площ поперечних перерізів; густина деревостану; запас деревостану; видове число; середня зміна запасу.

Вступ (Introduction). *Picea abies* (L.) Karst. є одним із основних лісотвірних деревних видів в Українських Карпатах, тому її деревостани вивчало багато науковців. В останні десятиріччя в умовах зміни клімату як українські, так і зарубіжні вчені приділяють дослідженню ялинових лісів ще більше уваги. Внаслідок зміни клімату в Українських Карпатах,

як і в інших регіонах Європи, спостережено масштабну деградацію ялинових деревостанів. Причини всихання ялинових лісів описано у низці наукових праць (Крамарець, Криницький, 2009; Криницький, Крамарець, 2009; Дебринюк, 2011, 2017; Козловський, Крамарець, Целень, 2013; Крамарець, Мациях, 2018; Шпарик, 2019; Олійник, Зейналян, 2020;

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

² Матусевич Олександр Борисович – аспірант кафедри лісівництва. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: 032-258-42-05. E-mail: o.matusevych@nltu.lviv.ua ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-7086-3705>

Шпарик, Парпан, 2020). Всихання і загибель ялинових лісів призводить не лише до негативних екологічних наслідків, але й погіршує соціальні та економічні умови життя територіальних громад. Через недосконалість нормативно-законодавчої бази щодо лісового господарства неможливо вчасно вивести товарну сировину з пошкоджених деревостанів, що призводить до зменшення надходжень ділової деревини ялини і, як наслідок, до значного зниження податкових надходжень у місцевий та державний бюджети.

Важливим напрямом наукових досліджень ялинових деревостанів у Карпатах є вивчення їхньої продуктивності. Цьому питанню приділяли увагу науковці впродовж тривалого періоду часу (Малиновський, 1975; Питикін, 1976; Цурик, 1981, 1993; Сабан, 1982; Шпильчак, 1984; Король, 2004; Володимиренко, 2006; Король, Вицега, 2006; Лакида, 2008; Гриник, 2011, 2012; Гриник Г. Г., Задорожний, Гриник О. М., 2021; Гриник Г. Г., Гриник О. М., 2022). Варто зазначити, що вивчення продуктивності модальних ялинових деревостанів в Українських Карпатах здійснено лише в межах окремих гірських масивів чи в межах однієї області. Одночасне дослідження продуктивності ялинових деревостанів на всьому північно-східному макросхилі Українських Карпат в усіх трьох адміністративних областях дотепер не здійснено.

Об'єкти та методика дослідження (Objects and methods). Об'єкт дослідження – гірські ялинові ліси на території Івано-Франківської, Львівської та Чернівецької областей. Предмет дослідження – динаміка таксаційних показників ялинових деревостанів у переважаючих типах лісу.

Мета досліджень – здійснити прогнозування динаміки таксаційних показників ялинових деревостанів у двох найпоширеніших типах лісу вологої сушмеречини. Аналіз таксаційних показників смерекових деревостанів в Українських Карпатах потребує якісного експериментального матеріалу, зібраного на значній території. З цією метою було зібрано експериментальний матеріал на 41 пробній ділянці різної площі (табл. 1). Загальна площа пробних ділянок у вологій високогірній сушмеречині становила 3,73 га (20 ділянок), а у вологій буково-ялицевій сушмеречині – 3,50 га (21 ділянка).

Результати (Results). За походженням насаджень на пробних ділянках у типі лісу C_3 –См переважають природні ялинові деревостани, а в C_3 –бк-яцСм – деревостани штучного походження (рис. 1).

За стрімкістю схилів (рис. 2) пробні ділянки в ялинових деревостанах вологої буково-ялицевої сушмеречини розміщені переважно на спадистих та стрімких схилах (87,8%), а вологої високогірної сушмеречини – на стрімких та дуже стрімких схилах (84,8%).

У структурі пробних ділянок за категоріями лісів переважають ялинові деревостани, які виконують протиерозійні функції: 60,9% від загальної площі у типі лісу C_3 –См і 49,0% – у типі лісу C_3 –бк-яцСм (рис. 3).

Таблиця 1. Загальна кількість пробних ділянок та їхні площі за типами лісу та філіями

Table 1. The total number of sample plots and their area by forest types and enterprises

Філія та лісництва ДП «Ліси України»	Кількість пробних ділянок (чисельник, шт.) та їхня площа (знаменник, га) за типами лісу у межах лісгосподарських підприємств		
	C_3 –Ял	C_3 –бк-яцЯл	Всього
«Боринське ЛГ» (Верхньовисоцьке л-во)	$\frac{3}{0,625}$	–	$\frac{3}{0,625}$
«Верховинське ЛГ» (Верховинське, Красницьке л-ва)	$\frac{4}{0,5245}$	$\frac{2}{0,265}$	$\frac{6}{0,7895}$
«Вигодське ЛГ» (Людвиківське, Вишківське, Свічівське л-ва)	$\frac{3}{0,47}$	$\frac{7}{1,16}$	$\frac{10}{1,63}$
«Гринявське ЛГ» (Гостівецьке, Яловичорське л-ва)	$\frac{2}{0,33}$	$\frac{4}{0,68}$	$\frac{6}{1,01}$
«Делятинське ЛГ» (Дорівське, Микуличинське л-ва)	$\frac{2}{0,45}$	$\frac{3}{0,535}$	$\frac{5}{0,985}$
«Осмолодське ЛГ» (Бистрицьке, Мшанське л-ва)	$\frac{4}{0,6135}$	$\frac{5}{0,858}$	$\frac{9}{1,4715}$
«Путильське ЛГ» (Сергіївське л-во)	$\frac{2}{0,714}$	–	$\frac{2}{0,714}$
Разом	$\frac{20}{3,727}$	$\frac{21}{3,498}$	$\frac{41}{7,225}$

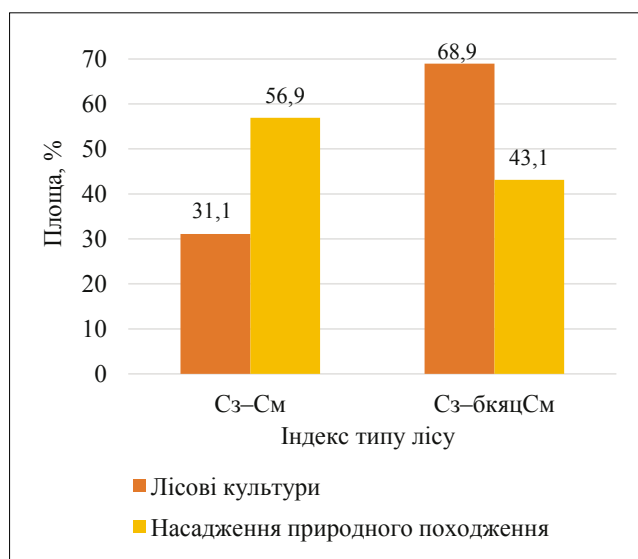


Рис. 1. Розподіл площ пробних ділянок за типами лісу і походженням насаджень

Fig. 1. Distribution of areas of sample plots by forest types and stand origin

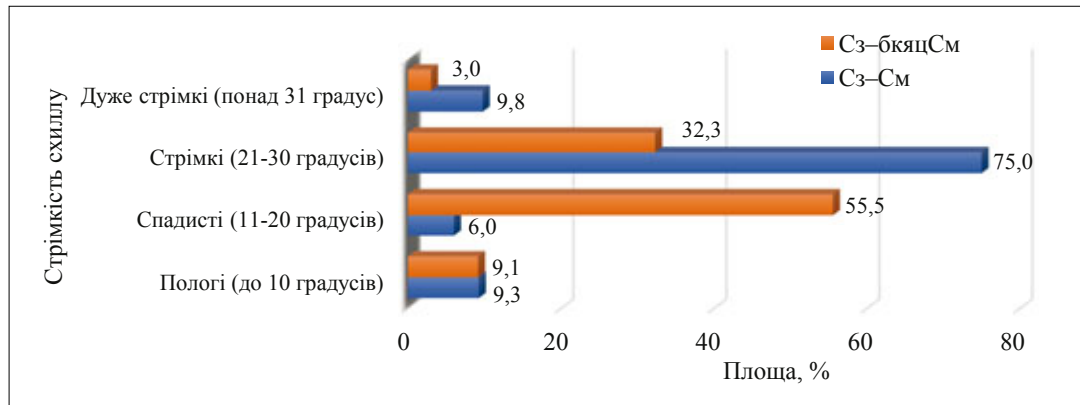


Рис. 2. Розподіл площ пробних ділянок за типами лісу і стрімкістю схилів

Fig. 2. Distribution of areas of sample plots by forest types and slope inclination

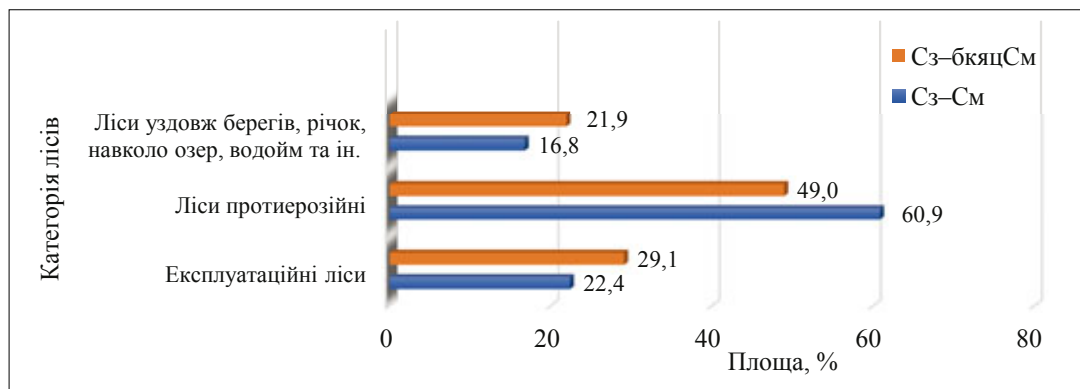


Рис. 3. Розподіл площ пробних ділянок за типами лісу і категоріями лісів

Fig. 3. Distribution of areas of sample plots by forest types and forest categories

Невелика кількість пробних ділянок обох типів лісу зосереджена в експлуатаційних лісах та лісах уздовж берегів річок, навколо озер і водойм.

За експозицією схилів переважаючими для пробних ділянок в обох типах лісу були схили південно-східної, північно-західної та північно-східної експозицій, а для вологої високогірної сушмеречини – ще й південні (рис. 4). Решта експозицій не так явно виражені і не перевищують 15% площі від загаль-

ної кількості пробних ділянок. Основна кількість пробних ділянок у регіоні досліджень представлена у віковому діапазоні ялинових деревостанів від 21 до 120 років (рис. 5).

Найстаріші ялинові деревостани віком 152 і 157 років представляють, відповідно, вологу високогірну сушмеречину Дорівського лісництва і вологу буково-ялицеву сушмеречину Верховинського лісництва.

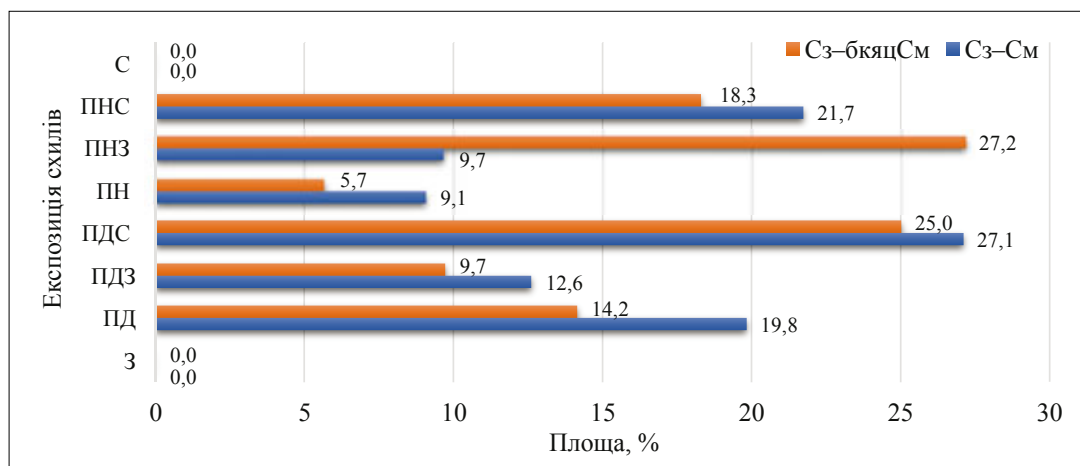


Рис. 4. Розподіл площ пробних ділянок за типами лісу і експозиціями схилів

Fig. 4. Distribution of areas of sample plots by forest types and slope exposures

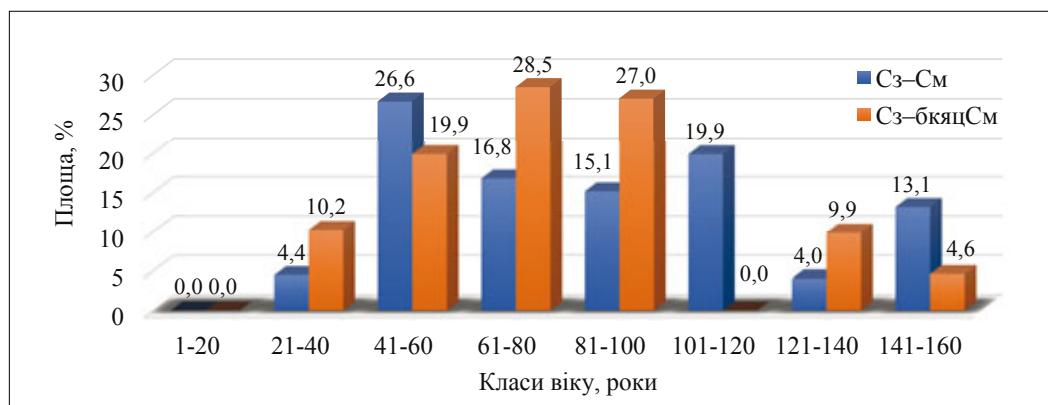


Рис. 5. Розподіл площ пробних ділянок за типами лісу і класами віку

Fig. 5. Distribution of areas of sample plots by forest types and age classes

Розподіл пробних ділянок за класами бонітету (рис. 6) підтверджує перевагу високобонітетних ялинових деревостанів: насамперед це стосується вологої буково-ялицевої сушмеречини, 63,6% площі деревостанів якої мають І^a і вищі класи бонітету.

Для деревостанів вологої високогірної сушмеречини пробні ділянки характеризуються дещо нижчою продуктивністю ялинових деревостанів (переважає частка деревостанів ІІ і ІІІ класів бонітету). Основна частина пробних ділянок у вологій

буково-ялицевій сушмеречині розміщена на висоті до 1000 м н.р.м., тобто ялинові деревостани представляють в основному середньогірський пояс ялинових лісів Українських Карпат (рис. 7). У вологій високогірній сушмеречині більшість пробних ділянок розташована на висоті 1100-1200 м н.р.м.

Пробні ділянки в ялинових лісостанах північно-східного макросхилу Українських Карпат представлені як чистими, так і мішаними деревостанами (рис. 8).

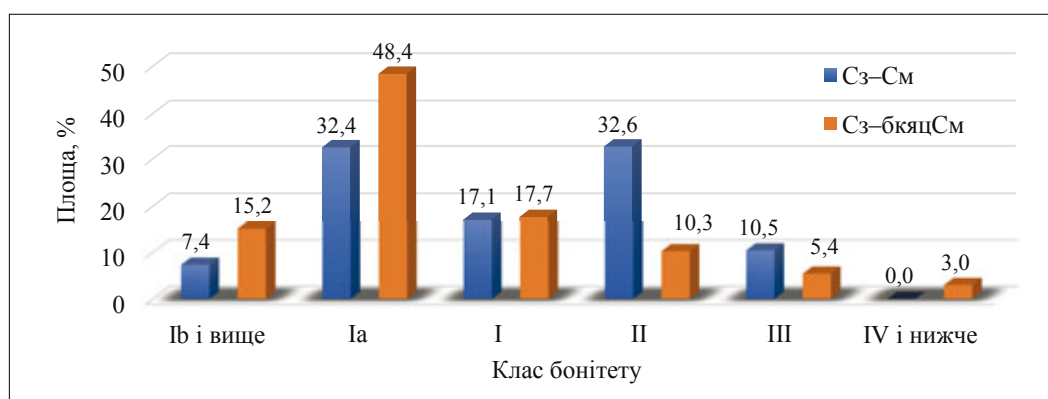


Рис. 6. Розподіл площ пробних ділянок за типами лісу і класами бонітету

Fig. 6. Distribution of areas of sample plots by forest types and site classes

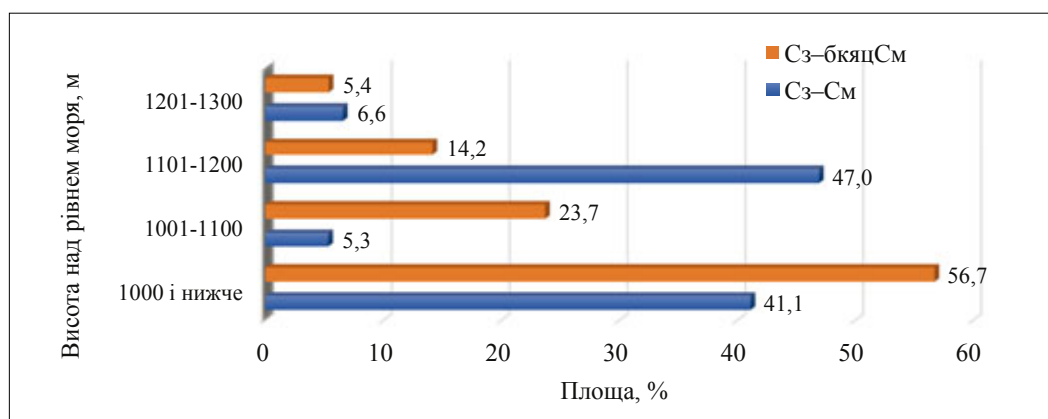


Рис. 7. Розподіл площ пробних ділянок за типами лісу і висотою над рівнем моря

Fig. 7. Distribution of areas of sample plots by forest types and altitude above sea level

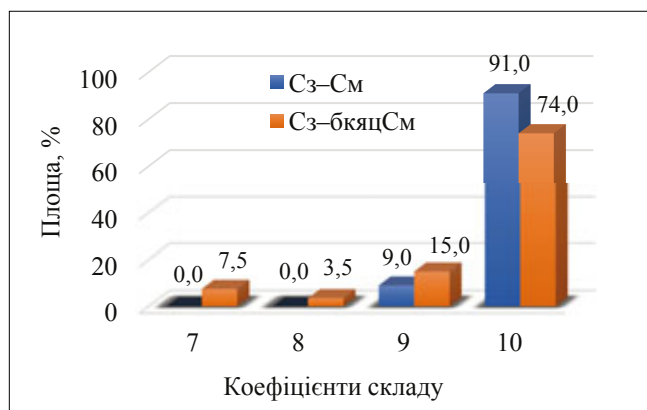


Рис. 8. Розподіл площ пробних ділянок за типами лісу і часткою ялини в складі деревостану

Fig. 8. Distribution of areas of sample plots by forest types and share of spruce in the stand composition

Для типу лісу C₃-C_m характерним є домінування чистих ялиників з незначною домішкою ялиці білої, бука лісового та клена-явора. Складнішими за будовою є ялинові деревостани вологої буково-ялицевої сусмеречини, в яких на 26% пробних ділянок частка головної породи становить 7-9 од., а решту – ялиця біла і бук лісовий з незначною домішкою клена-явора та в'яза шорсткого.

Продуктивнішими є ялинові деревостани в типі лісу C₃-бк-яцC_m, значення запасів стовбурової деревини в яких, залежно від віку, бонітету і висоти над рівнем моря, змінюються у межах від 237 до 1044 м³·га⁻¹.

Характеризуючи насадження пробних ділянок за відносною повнотою варто відзначити, що вони є загалом високоповнотними. Так, в умовах вологої буково-ялицевої сусмеречини деревостани з відносною повнотою 0,81-1,00 займають 61,4%, а частка середньоповнотних деревостанів у цьому типі лісу становить 28,3% від загальної площі пробних ділянок (рис. 9).

У типі лісу C₃-C_m переважали пробні ділянки у деревостанах з відносною повнотою 0,71-0,80, частка яких становила 39,1% від їх загальної площі.

Для прогнозування росту ялинових деревостанів у двох найпоширеніших ялинових типах лісу і класів бонітету було виокремлено експериментальний матеріал у вигляді 21 тимчасової пробної ділянки, що були закладені на території північно-східного макросхилу Українських Карпат у лісовому фонді п'яти філій ДП «Ліси України»: «Боринське ЛГ», «Верховинське ЛГ», «Вигодське ЛГ», «Делятинське ЛГ» та «Осмолодське ЛГ». Таксаційна характеристика ялинових деревостанів на цих пробних ділянках наведена в табл. 2.

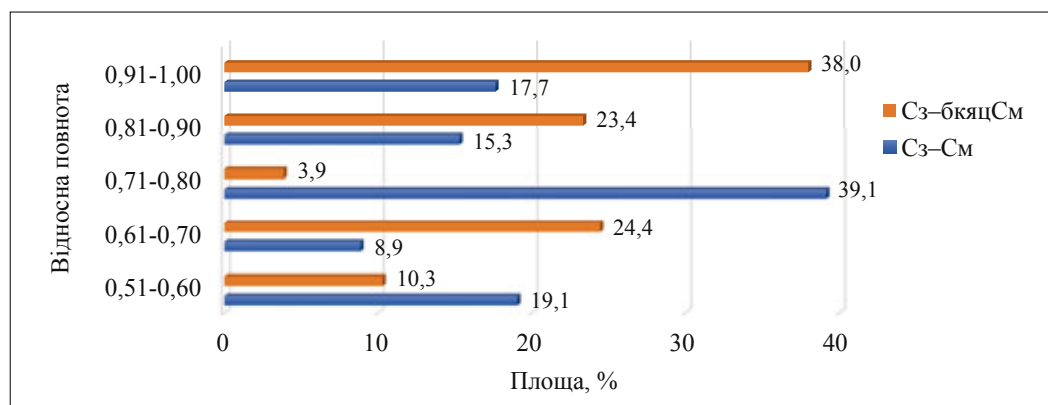


Рис. 9. Розподіл площ пробних ділянок за типами лісу і відносною повнотою

Fig. 9. Distribution of areas of sample plots by forest types and relative stand density

Вік ялинових деревостанів на пробних ділянках у типі лісу C₃-C_m становив від 37 до 132 років. Вони представлені I класом бонітету і характеризуються як середньо- та високоповнотні. На десяти пробних ділянках типу лісу C₃-бк-яцC_m вік ялинових деревостанів становив від 41 до 119 років, вони ростуть за I^a класом бонітету і також є середньо- та високоповнотними.

Отже, ялинові деревостани вологої буково-ялицевої сусмеречини відзначаються кращими показниками росту і продуктивності. Середня зміна за запасом (без урахування відпаду) в ялинових деревостанах на північно-східному макросхилі Українських Карпат у віці 100 років за відносних повнот 0,6-0,7 становить 4,9-5,7 м³·га⁻¹ за рік у типі лісу C₃-Ял та 5,7-6,6 м³·га⁻¹ – у типі лісу C₃-бк-яцC_m. Для високоповнотних нормальних деревостанів за

відносною повнотою 0,9-1,0 в умовах вологої високогірної сусмеречини середня зміна за запасом може становити 7,3-8,1 м³·га⁻¹ та 8,5-9,4 м³·га⁻¹ – в умовах вологої буково-ялицевої сусмеречини (табл. 3).

Результати наукових досліджень неможливо отримати без обґрунтування достовірності експериментального матеріалу. З цією метою використано математико-статистичний підхід, суть якого зводиться до порівнювання фактичних значень до певної критичної межі обраного критерію з подальшими висновками про те, чи розраховані показники є достовірними.

Під час статистичного опрацювання результатів переліку дерев на пробних ділянках розраховано середньоарифметичний діаметр, його основне відхилення, мінливість, асиметрію, ексцес і точність дослідів. Отримані результати узагальнено в табл. 4.

Таблиця 2. Таксаційна характеристика ялинових деревостанів на пробних ділянках
Table 2. Mensurational characteristics of spruce stands on sample plots

№ з.п.	Площа, га	Кв./вид.	Склад	Вік, років	Бонітет	Середня висота, м	Середній діаметр, см	Абсолютна повнота, м ² /га	Відносна повнота	Запас, м ³ ·га ⁻¹	Густина, шт./га
C ₃ –См											
1	0,20	3/30	10Ялє+Кля,Бкл,Яцб	37	I	13,5	12,4	33,9	0,82	234	1870
2	0,17	24/47	10Ялє+Ос,Бп	39	I	15,1	13,4	22,9	0,55	207	1624
3	0,07	33/13	10Ялє	42	I	15,8	13,6	39,9	0,97	312	3483
4	0,06	5/42	9Ялє1Бп+Яцб	50	I	18,1	15,9	45,0	0,96	435	2262
5	0,12	9/9	9Ялє1Бп	63	I	22,8	22,6	43,9	0,88	518	1492
6	0,18	16/8	9Ялє1Яцб+Бп	68	I	23,8	23,3	46,9	0,87	523	1094
7	0,20	17/7	10Ялє+Бкл	77	I	25,3	27,2	51,1	0,99	647	890
8	0,20	34/27	10Ялє+Бп,Кля,Яцб	87	I	27,2	30,8	46,7	0,87	632	635
9	0,18	4/22	10Ялє+Яцб,Бп	103	I	28,8	30,2	37,9	0,64	504	528
10	0,21	3/37	10Ялє+Яцб,Бп	112	I	31,6	32,4	38,4	0,63	581	467
11	0,24	32/6	8Ялє1Бкл1Яцб+Кля,Бп	132	I	34,1	43,3	31,9	0,50	468	217
C ₃ –бк-яцСм											
1	0,12	39/9	10Ялє	41	I ^a	17,3	14,8	29,5	0,76	281	1725
2	0,125	33/20	10Ялє+Бкл,Яцб,Бп	54	I ^a	22,7	23,0	53,0	1,00	769	1648
3	0,25	22/15	10Ялє	54	I ^a	23,2	22,0	29,0	0,59	346	764
4	0,16	17/5	10Ялє+Яцб	60	I ^a	25,0	28,1	46,9	0,91	589	775
5	0,18	3/22	10Ялє+Бкл, Кля, Яцб	61	I ^a	25,7	28,6	43,6	0,94	518	1272
6	0,25	8/2	10Ялє+Бкл,Яцб,Кля	65	I ^a	26,2	29,5	55,6	1,02	740	916
7	0,16	10/59	10Ялє+Бкл,Бп	68	I ^a	26,8	30,2	48,6	0,92	632	1069
8	0,188	38/24	10Ялє+Бкл	85	I ^a	30,1	34,1	59,3	1,04	862	645
9	0,24	10/1	10Ялє+Бкл,Кля	93	I ^a	32,5	34,2	43,2	0,74	650	483
10	0,35	1/6	10Ялє+Яцб, Кля	119	I ^a	34,8	41,6	51,9	0,85	857	383

Таблиця 3. Значення середньої зміни за запасом за даними пробних ділянок

Table 3. The value of the average change in the growing stock according to the data of the sample plots

Клас бонітету	Середня зміна запасу в ялинових деревостанах (м ³ ·га ⁻¹ за рік) залежно від відносної повноти					
	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
I ^a	4,7	5,7	6,6	7,5	8,5	9,4
I	4,1	4,9	5,7	6,5	7,3	8,1

Наведений у табл. 4 середньоарифметичний діаметр відрізняється від середньоквадратичного і залежить від величини мінливості цієї ознаки. Його значення з віком постійно збільшується.

Значення середньоквадратичного відхилення постійно зростає, що відповідає природі цього статистичного показника, який показує, на скільки в середньому відрізняється кожний діаметр дерева пробної ділянки від середнього арифметичного на цій же ділянці. Для пробних ділянок значення показника становлять, в середньому 4-8 см до віку 100 років і більше 10 см – у віці понад 100 років, що пов'язано з суттєвішою диференціацією діаметрів стовбурів на лісових ділянках у старшому віці.

Аналіз мінливості діаметрів за коефіцієнтом варіації дає підстави стверджувати про значну мін-

ливість цього показника, оскільки його значення сягає майже 45%. Тому можна узагальнити, що ялинові деревостани на пробних ділянках характеризуються значною мінливістю діаметрів дерев, що зумовлено наявністю на цих ділянках одночасно як маломірних, так і великомірних екземплярів, і цей аспект впливає на збільшення розмаху варіації.

Аналіз показників форми кривих розподілу кількості дерев (асиметрія, ексцес) за ступенями товщини виявив характерні правосторонню асиметрію і туповершинність. Стосовно асиметрії,

то її значення свідчать про зосередження більшої кількості дерев у менших ступенях товщини і меншої – у більших. Таким чином, практично всі деревостани пробних ділянок характеризуються відсутністю достатньої кількості товстіших від середнього діаметра дерев. Також існує тенденція, що у деревостанах молодшого віку абсолютні значення асиметрії є значно вищими порівняно з такими у старших лісостанах, як результат незавершеної диференціації дерев на окремій стадії формування деревостану.

Таблиця 4. Статистична характеристика ялинових деревостанів на пробних ділянках за середнім діаметром

Table 4. Statistical characteristics of spruce stands on sample plots by average diameter

Номер пробної площі	Середнє значення	Основне відхилення	Коефіцієнт варіації	Асиметрія	Ексцес	Точність досліджу
C₃–См						
1	16,55 ± 0,36	6,93 ± 0,25	41,9 ± 1,5	+ 0,482 ± 0,127	- 0,755 ± 0,253	2,17 ± 0,08
2	12,73 ± 0,32	5,02 ± 0,22	39,4 ± 1,6	+ 1,077 ± 0,155	+ 0,548 ± 0,309	2,49 ± 0,11
3	13,08 ± 0,19	2,77 ± 0,13	21,2 ± 0,8	+ 0,864 ± 0,168	+ 1,313 ± 0,336	1,46 ± 0,07
4	15,16 ± 0,40	4,90 ± 0,29	32,3 ± 1,6	+ 0,585 ± 0,202	+ 0,524 ± 0,404	2,67 ± 0,16
5	18,46 ± 0,49	6,40 ± 0,34	34,7 ± 1,6	+ 0,356 ± 0,186	- 0,235 ± 0,371	2,63 ± 0,14
6	19,86 ± 0,50	7,91 ± 0,35	39,9 ± 1,7	+ 0,206 ± 0,155	- 0,825 ± 0,310	2,53 ± 0,11
7	24,63 ± 0,51	7,66 ± 0,36	31,1 ± 1,2	+ 0,081 ± 0,162	- 0,679 ± 0,323	2,05 ± 0,10
8	26,03 ± 0,86	10,75 ± 0,60	41,3 ± 2,2	+ 0,348 ± 0,195	- 0,782 ± 0,390	3,29 ± 0,19
9	26,65 ± 0,93	7,29 ± 0,45	27,4 ± 1,4	+ 0,194 ± 0,212	- 0,348 ± 0,425	2,37 ± 0,15
10	31,18 ± 0,88	8,68 ± 0,62	27,8 ± 1,6	+ 0,969 ± 0,247	+ 0,865 ± 0,495	2,81 ± 0,20
11	33,54 ± 1,41	12,81 ± 0,99	38,2 ± 2,7	+ 0,383 ± 0,269	- 0,852 ± 0,538	4,19 ± 0,33
C₃–бк-яцСм						
1	15,64 ± 0,26	3,94 ± 0,19	25,2 ± 1,0	+ 0,997 ± 0,164	+ 0,815 ± 0,328	1,69 ± 0,08
2	18,27 ± 0,55	8,18 ± 0,39	44,8 ± 2,1	+ 0,312 ± 0,165	- 1,016 ± 0,330	3,02 ± 0,15
3	18,68 ± 0,46	6,92 ± 0,33	37,0 ± 1,6	+ 0,297 ± 0,163	- 0,445 ± 0,327	2,47 ± 0,12
4	23,28 ± 0,71	9,36 ± 0,50	40,2 ± 2,0	+ 0,454 ± 0,186	- 0,737 ± 0,372	3,06 ± 0,17
5	23,78 ± 0,46	5,25 ± 0,33	22,1 ± 1,1	+ 0,264 ± 0,216	+ 0,550 ± 0,431	1,95 ± 0,12
6	25,71 ± 0,55	8,68 ± 0,39	28,0 ± 0,9	+ 0,235 ± 0,156	- 0,645 ± 0,311	2,14 ± 0,10
7	26,12 ± 0,48	5,28 ± 0,34	20,2 ± 1,0	+ 0,341 ± 0,225	+ 0,401 ± 0,449	1,85 ± 0,12
8	29,10 ± 0,81	10,37 ± 0,57	35,6 ± 1,7	+ 0,137 ± 0,192	- 0,447 ± 0,384	2,79 ± 0,16
9	30,06 ± 0,79	9,40 ± 0,56	31,3 ± 1,6	+ 0,116 ± 0,206	- 0,647 ± 0,411	2,62 ± 0,16
10	42,16 ± 0,86	9,46 ± 0,61	22,4 ± 1,1	+ 0,038 ± 0,222	- 0,732 ± 0,444	2,03 ± 0,13

За значеннями ексцесу можна зробити висновок про несуттєву концентрацію діаметрів навколо середнього значення і наявність прямої залежності цього показника від величини середньоквадратичного відхилення. Для показника ексцесу не виявлено чіткої тенденції залежності від віку.

Показник точності досліджу, який для кожної пробної ділянки не перевищує 5%, підтверджує достовірність проведеного польового експерименту з відбору даних для дослідження.

Для моделювання динаміки таксаційних показників ялинових деревостанів у вологій високогір-

ній сушмерчині і вологій буково-ялицевій сушмерчині було застосовано регресійний аналіз, основною метою якого є пошук такого оптимального рівняння, яке найефективніше описувало би залежність між досліджуваними ознаками. Такий аналіз прийнято здійснювати у тому випадку, коли результати кореляційного аналізу підтверджують тісну залежність між досліджуваними ознаками.

Отримані результати стали основою для побудови моделей прогнозу росту ялинових деревостанів для двох домінуючих типів ялинових лісів на північно-східному макросхилі Українських

Карпат, які наведені у табл. 5-6. Отримані результати підтверджують, що ялинові деревостани вологої буково-ялищевої сусмеречини відзначаються кращими показниками росту і продуктивності, ніж в умовах вологої високогірної сусмеречини. Так, відмінність за таксаційними показниками у віці 100 років становить: середня висота – +3,8 м, середній діаметр – +8,0 см, запас за відносної повноти 0,7 – +89 м³·га⁻¹, видове число – +0,003, гус-

тота – -179 шт.·га⁻¹. Вищі показники продуктивності свідчать про кращі умови росту і вищий рівень використання лісорослинного потенціалу в цьому типі лісу. Також варто відзначити, що у вологій буково-ялищевій сусмеречині нагромадження запасів стовбурової деревини відбувається за рахунок повнодеревніших стовбурів, а у вологій високогірній сусмеречині – за рахунок кількості дерев на одиниці площі.

Таблиця 5. Модель прогнозування динаміки таксаційних показників ялинових деревостанів вологої високогірної сусмеречини (І клас бонітету, повнота 0,7)

Table 5. The model for forecasting the dynamics of forest mensurational indicators of spruce stands in the moist high-mountain fairly fertile spruce forest type (site class I, stand relative density 0.7)

Вік, років	Висота, м	Діаметр, см	Сума площ перерізів, м ² ·га ⁻¹	Густота, шт.·га ⁻¹	Запас деревостану, м ³ ·га ⁻¹ за відносної повноти 0,7	Видове число	Середня зміна запасу, м ³ ·га ⁻¹ за рік	Поточна зміна запасу, м ³ ·га ⁻¹ за рік
40	16,1	14,2	29,3	1858	263	0,556	6,6	–
50	18,7	17,1	32,1	1405	322	0,535	6,4	5,9
60	21,2	20,0	34,4	1098	378	0,518	6,3	5,6
70	23,5	22,9	36,3	881	430	0,504	6,1	5,2
80	25,7	25,8	37,9	722	478	0,491	6,0	4,8
90	27,7	28,8	39,2	602	522	0,480	5,8	4,4
100	29,6	31,8	40,4	510	563	0,470	5,6	4,1
110	31,4	34,7	41,4	437	600	0,462	5,5	3,7
120	33,0	37,7	42,3	379	633	0,453	5,3	3,3

Таблиця 6. Модель прогнозування динаміки таксаційних показників ялинових деревостанів вологої буково-ялищевої сусмеречини (І^а клас бонітету, повнота 0,7)

Table 6. The model for forecasting the dynamics of forest mensurational indicators of spruce stands in the moist fairly fertile beech-silver fir-spruce forest type (site class I^a, stand relative density 0.7)

Вік, років	Висота, м	Діаметр, см	Сума площ перерізів, м ² ·га ⁻¹	Густота, шт.·га ⁻¹	Запас деревостану, м ³ ·га ⁻¹ за відносної повноти 0,7	Видове число	Середня зміна запасу, м ³ ·га ⁻¹ за рік	Поточна зміна запасу, м ³ ·га ⁻¹ за рік
40	18,3	18,2	29,3	1122	288	0,538	7,2	–
50	21,6	22,6	32,6	815	368	0,522	7,4	8,1
60	24,7	26,6	35,1	631	441	0,509	7,4	7,3
70	27,4	30,4	37,1	512	506	0,498	7,2	6,5
80	29,7	33,8	38,7	431	563	0,489	7,0	5,7
90	31,8	37,0	40,1	374	612	0,481	6,8	4,9
100	33,4	39,8	41,2	331	652	0,473	6,5	4,1
110	34,8	42,4	42,2	300	685	0,466	6,2	3,3
120	35,8	44,6	43,1	276	710	0,460	5,9	2,5

Дискусія (Discussion). Зважаючи на зміни клімату та екологічних умов в останні десятиріччя, здійснено порівняння нашої моделі прогнозування росту ялинових деревостанів для двох домінуючих типів ялинових лісів на північно-східному макросхилі Українських Карпат з наявними таблицями ходу росту ялинових деревостанів, укладеними в

другій половині ХХ ст. (Ходот, 1958; Цурик, 1981). Отримані результати наведено у табл. 7-11.

За результатами аналізу даних, наведеними в табл. 7, в умовах вологої буково-ялищевої сусмеречини ялинові деревостани мають кращі показники росту за середньою висотою порівняно з таблицями ходу росту Є.І. Цурика – у віці 40 років

відхилення становить 8,7%. За даними таблиць ходу росту Г. А. Ходота, ялинові деревостани до 90 років мають дещо більшу висоту, а після 100 років – навпаки, вона є трохи меншою порівняно з розробленою моделлю.

У динаміці середнього діаметра ялинових деревостанів зафіксовано переважання змодельованих значень над табличними даними Є. І. Цурика на 10,5-13,7%. Порівняння з таблицями ходу росту Г. А. Ходота показує, що до 60 років середній діаметр за змодельованими значеннями є меншим на 0,4-0,9%, а, починаючи з 70-річного віку, він є більшим на 1,3-11,4%.

Змодельовані значення видового числа стовбурів ялини перевищують табличні до віку 90-100 років (на 0,8-8,0%), а в старших ялинових деревостанах вони є меншими (на 0,4-2,8%), що свідчить про особливий характер формоутворення стовбурів в ялинниках вологої буково-ялицевої сусмереччини

(див. табл. 9). За результатами аналізу даних, наведених в табл. 10, динаміка запасів ялинових деревостанів загалом узгоджується з таблицями ходу росту Г. А. Ходота, про що свідчать невеликі відхилення (до 8,4%). Варто зазначити, що в усіх випадках змодельовані значення запасу є трохи меншими, ніж за таблицями Г. А. Ходота, що є закономірним явищем в умовах кліматичних змін. За змодельованими значеннями, у віці 120 років за відносної повноти 0,7 продуктивність ялинників у вологій буково-ялицевій сусмереччині становить 710 м³·га⁻¹, що лише на 1,1% менше порівняно з таблицями Г. А. Ходота. Порівняння густоти ялинових деревостанів вказує на меншу кількість дерев на пробних ділянках, порівняно з таблицями ходу росту Є. І. Цурика та Г. А. Ходота – максимальне відхилення сягає 29,7% у віці 80-90 років, що може вказувати на високу інтенсивність проведення лісогосподарських заходів.

Таблиця 7. Порівняння динаміки середньої висоти ялинових деревостанів

Table 7. Comparison of the dynamics of average height of spruce stands

Волога буково-ялицева сусмереччина (C ₃ -бк-яцСм), I ^a клас бонітету								
Вік, років	Висота, м		Відхилення		Висота, м		Відхилення	
	Модель	Цурик, I ^a	м	%	Модель	Ходот, I ^a	м	%
40	18,3	16,7	+1,6	+8,7	18,3	19,1	-0,8	-4,4
50	21,6	20,9	+0,7	+3,2	21,6	22,7	-1,1	-5,1
60	24,7	24,5	+0,2	+0,8	24,7	25,7	-1,0	-4,0
70	27,4	27,5	-0,1	-0,4	27,4	28,2	-0,8	-2,9
80	29,7	29,9	-0,2	-0,7	29,7	30,3	-0,6	-2,0
90	31,8	31,7	+0,1	+0,3	31,8	32,0	-0,2	-0,6
100	33,4	33,1	+0,3	+0,9	33,4	33,3	+0,1	+0,3
110	34,8	34,1	+0,7	+2,0	34,8	34,3	+0,5	+1,4
120	35,8	34,7	+1,1	+3,1	35,8	35,0	+0,8	+2,2

Таблиця 8. Порівняння динаміки середнього діаметра ялинових деревостанів

Table 8. Comparison of the dynamics of average diameter of spruce stands

Волога буково-ялицева сусмереччина (C ₃ -бк-яцСм), I ^a клас бонітету								
Вік, років	Діаметр, см		Відхилення		Діаметр, см		Відхилення	
	Модель	Цурик, I ^a	см	%	Модель	Ходот, I ^a	см	%
40	18,2	15,7	+2,5	+13,7	18,2	18,3	-0,1	-0,5
50	22,6	20	+2,6	+11,5	22,6	22,8	-0,2	-0,9
60	26,6	23,8	+2,8	+10,5	26,6	26,7	-0,1	-0,4
70	30,4	27,2	+3,2	+10,5	30,4	30,0	+0,4	+1,3
80	33,8	30,2	+3,6	+10,7	33,8	32,8	+1,0	+3,0
90	37,0	32,9	+4,1	+11,1	37,0	35,1	+1,9	+5,1
100	39,8	35,4	+4,4	+11,1	39,8	36,9	+2,9	+7,3
110	42,4	37,7	+4,7	+11,1	42,4	38,3	+4,1	+9,7
120	44,6	39,8	+4,8	+10,8	44,6	39,5	+5,1	+11,4

Таблиця 9. Порівняння динаміки видового числа ялинових деревостанів
Table 9. Comparison of the dynamics of stem form-factor of spruce stands

Волога буково-ялицева сусмєрєчина (С ₃ -бк-яцСм), І ^а клас бонітєту								
Вік, років	Видове число		Відхилення		Видове число		Відхилення	
	Модель	Цурик, І ^а	0,001	%	Модель	Ходот, І ^а	0,001	%
40	0,538	0,495	+0,043	+8,0	0,538	0,504	+0,034	+6,3
50	0,522	0,485	+0,037	+7,1	0,522	0,493	+0,029	+5,6
60	0,509	0,481	+0,028	+5,5	0,509	0,486	+0,023	+4,5
70	0,498	0,478	+0,020	+4,0	0,498	0,482	+0,016	+3,2
80	0,489	0,476	+0,013	+2,7	0,489	0,479	+0,010	+2,0
90	0,481	0,474	+0,007	+1,5	0,481	0,477	+0,004	+0,8
100	0,473	0,472	+0,001	+0,2	0,473	0,475	-0,002	-0,4
110	0,466	0,471	-0,005	-1,1	0,466	0,474	-0,008	-1,7
120	0,460	0,470	-0,010	-2,2	0,460	0,473	-0,013	-2,8

Таблиця 10. Порівняння динаміки запасів ялинових деревостанів
Table 10. Comparison of the dynamics of growing stock of spruce stands

Волога буково-ялицева сусмєрєчина (С ₃ -бк-яцСм), І ^а клас бонітєту								
Вік, років	Запас деревостану, м ³ ·га ⁻¹ , відносна повнота 0,7		Відхилення		Запас деревостану, м ³ ·га ⁻¹ , відносна повнота 0,7		Відхилення	
	Модель	Цурик, І ^а	м ³	%	Модель	Ходот, І ^а	м ³	%
40	288	221	+67	+23,3	288	302	-15	-5,2
50	368	323	+46	+12,5	368	398	-30	-8,2
60	441	419	+22	+5,0	441	478	-37	-8,4
70	506	502	+4	+0,8	506	545	-39	-7,7
80	563	568	-5	-0,9	563	599	-36	-6,4
90	612	620	-8	-1,3	612	641	-29	-4,7
100	652	658	-6	-0,9	652	675	-23	-3,4
110	685	685	0	0	685	700	-15	-2,2
120	710	699	+11	+1,5	710	718	-8	-1,1

Також було здійснено аналіз щодо порівняння змодельованих значень таксаційних показників ялинових деревостанів з даними таблиць ходу росту вище згаданих авторів в іншому поширеному типі лісу – вологій високогірній сусмєрєчині (табл. 12-16). Так, порівняння середньої висоти свідчить про добру узгодженість між змодельованими значеннями і даними за таблицями ходу росту – максимальне відхилення не перевищує 7,9% у віці 40 років. Зі збільшенням віку ялинових деревостанів відхилення між значеннями висот зменшуються (див. табл. 12).

Змодельовані значення росту ялинових деревостанів вологої високогірної сусмєрєчини за середнім діаметром в цілому подібні до наведених у таблицях ходу росту Є.І. Цурика, максимальні відхилення не перевищують 7,1% у віці 120 років. Порівняно з таблицями Г.А. Ходота, відхилення за змо-

дельованими значеннями по середньому діаметру дещо більше – 15,4% у віці 40 років (див. табл. 13).

За розробленою моделлю, значення видового числа стовбурів ялини європейської в умовах вологої високогірної сусмєрєчини до 60-70 років перевищують відповідні табличні значення на 0,6-6,3%, а після цього віку, навпаки, є меншими – на 1,2-11,2% (див. табл. 14).

За змодельованими значеннями ялинові деревостани вологої високогірної сусмєрєчини мають менший запас, порівняно з таблицями ходу росту Г.А. Ходота – відхилення становлять 10,6-14,4%. Порівняно з таблицями ходу росту Є.І. Цурика, за розробленою моделлю спостережено перевищення запасу ялинових деревостанів у віці 40-60 років на 0,3-17,5%, а в деревостанах старшого віку це перевищення є меншим – на 5,0-9,5%.

За змодельованими значеннями густоти ялинові деревостани дещо відрізняються від значень густоти, наведених у таблицях ходу росту Є.І. Цурика і Г.А. Ходота. Найбільші відхилення спостережено у насадженнях 40-річного віку – 14,1 та

15,1%. Найменші відхилення між змодельованими і табличними значеннями відзначено у насадженнях 60-100-річного віку, а в ялинових деревостанах 120-річного віку ці відхилення дещо зростають – до +6,1 та +10,8% (див. табл. 16).

Таблиця 11. Порівняння динаміки густоти ялинових деревостанів

Table 11. Comparison of the dynamics of spruce stands density

Волога буково-ялицева сушмеречина (С ₃ -бк-яцСм), І ^а клас бонітету								
Вік, років	Густота, шт.·га ⁻¹		Відхилення		Густота, шт.·га ⁻¹		Відхилення	
	Модель	Цурик, І ^а	шт/га	%	Модель	Ходот, І ^а	шт/га	%
40	1122	1378	-255	-22,7	1122	1194	-72	-6,4
50	815	1014	-199	-24,4	815	870	-55	-6,7
60	631	799	-168	-26,6	631	683	-52	-8,2
70	512	658	-146	-28,5	512	566	-53	-10,4
80	431	559	-128	-29,7	431	488	-57	-13,2
90	374	485	-111	-29,7	374	435	-61	-16,6
100	331	428	-96	-29,0	331	399	-68	-20,5
110	300	382	-82	-27,3	300	374	-74	-24,7
120	276	344	-68	-24,6	276	354	-78	-28,3

Таблиця 12. Порівняння динаміки середньої висоти ялинових деревостанів

Table 12. Comparison of the dynamics of average height of spruce stands

Волога високогірна сушмеречина (С ₃ -См), І клас бонітету								
Вік, років	Висота, м		Відхилення		Висота, м		Відхилення	
	Модель	Цурик, І	м	%	Модель	Ходот, І	м	%
40	15,1	13,9	+1,2	+7,9	15,1	15,9	-0,8	-5,3
50	18,2	17,7	+0,5	+2,7	18,2	19,1	-0,9	-4,9
60	21,1	21,0	+0,1	+0,5	21,1	21,8	-0,7	-3,3
70	23,6	23,8	-0,2	-0,8	23,6	24,1	-0,5	-2,1
80	25,9	26,1	-0,2	-0,8	25,9	26,0	-0,1	-0,4
90	27,9	27,9	0	0	27,9	27,6	+0,3	+1,1
100	29,7	29,2	+0,5	+1,7	29,7	28,9	+0,8	+2,7
110	31,1	30,2	+0,9	+2,9	31,1	29,9	+1,2	+3,9
120	32,3	30,7	+1,6	+5,0	32,3	30,6	+1,7	+5,3

Таблиця 13. Порівняння динаміки середнього діаметра ялинових деревостанів

Table 13. Comparison of the dynamics of average diameter of spruce stands

Волога високогірна сушмеречина (С ₃ -См), І клас бонітету								
Вік, років	Діаметр, см		Відхилення		Діаметр, см		Відхилення	
	Модель	Цурик, І	см	%	Модель	Ходот, І	см	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9
40	13,0	13,7	-0,7	-5,4	13,0	15,0	-2,0	-15,4
50	17,4	17,7	-0,3	-1,7	17,4	18,9	-1,5	-8,6
60	21,3	21,2	+0,1	+0,5	21,3	22,4	-1,1	-5,2

Продовж. табл. 13
Continuation of Table 13

1	2	3	4	5	6	7	8	9
70	24,7	24,4	+0,3	+1,2	24,7	25,5	-0,8	-3,2
80	27,5	27,2	+0,3	+1,1	27,5	28,2	-0,7	-2,5
90	29,8	29,7	+0,1	+0,3	29,8	30,5	-0,7	-2,3
100	31,6	32,0	-0,4	-1,3	31,6	32,5	-0,9	-2,8
110	32,9	34,1	-1,2	-3,6	32,9	34,2	-1,3	-4,0
120	33,7	36,1	-2,4	-7,1	33,7	35,6	-1,9	-5,6

Таблиця 14. Порівняння динаміки видового числа ялинових деревостанів
Table 14. Comparison of the dynamics of stem form-factors of spruce stands

Волога високогірна сушмеречина (C ₃ -См), І клас бонітету								
Вік, років	Видове число		Відхилення		Видове число		Відхилення	
	Модель	Цурик, І	0,001	%	Модель	Ходот, І	0,001	%
40	0,541	0,507	+0,034	+6,3	0,541	0,517	+0,024	+4,4
50	0,518	0,492	+0,026	+5,0	0,518	0,504	+0,014	+2,7
60	0,500	0,485	+0,015	+3,0	0,500	0,496	+0,004	+0,8
70	0,484	0,481	+0,003	+0,6	0,484	0,490	-0,006	-1,2
80	0,471	0,479	-0,008	-1,7	0,471	0,486	-0,015	-3,2
90	0,459	0,477	-0,018	-3,9	0,459	0,483	-0,024	-5,2
100	0,448	0,476	-0,028	-6,3	0,448	0,481	-0,033	-7,4
110	0,439	0,475	-0,036	-8,2	0,439	0,479	-0,040	-9,1
120	0,430	0,474	-0,044	-10,2	0,430	0,478	-0,048	-11,2

Таблиця 15. Порівняння динаміки запасів ялинових деревостанів
Table 15. Comparison of the dynamics of growing stock of spruce stands

Волога високогірна сушмеречина (C ₃ -См), І клас бонітету								
Вік, років	Запас деревостану, м ³ ·га ⁻¹ , відносна повнота 0,7		Відхилення		Запас деревостану, м ³ ·га ⁻¹ , відносна повнота 0,7		Відхилення	
	Модель	Цурик, І	м. куб	%	Модель	Ходот, І	м. куб	%
40	194	160	+34	+17,5	194	222	-28	-14,4
50	264	243	+21	+8,0	264	302	-38	-14,4
60	326	325	+1	+0,3	326	373	-47	-14,4
70	381	400	-19	-5,0	381	434	-53	-13,9
80	429	464	-35	-8,2	429	485	-56	-13,1
90	470	514	-44	-9,4	470	528	-58	-12,3
100	503	551	-48	-9,5	503	562	-59	-11,7
110	530	576	-46	-8,7	530	588	-58	-10,9
120	549	590	-41	-7,5	549	607	-58	-10,6

Висновки (Conclusions). За результатами досліджень, ялинові деревостани північно-східного макросхилу Українських Карпат на пробних ділянках характеризуються значною варіабельністю діаметрів дерев, що зумовлено наявністю на них одночасно як маломірних, так і великомірних екземплярів.

Аналіз показників розподілу кількості дерев (асиметрія, ексцес) за ступенями товщини виявив характерні правосторонню асиметрію і туповершинність кривих розподілу. Значення асиметрії підтверджує зосередження більшої кількості дерев у менших ступенях товщини і меншій кількості –

у більших. У молодшому віці абсолютні значення асиметрії є значно вищими порівняно зі старшими ялиновими деревостанами, що свідчить про незавершену диференціацію дерев на цій стадії розвитку лісостанів.

Серед двох домінуючих типів ялинових лісів північно-східного макросхилу Українських Карпат (C_3 -бк-яцСм та C_3 -См) кращий ріст ялиників за основними таксаційними показниками спостережено в умовах вологої буково-ялицевої сушмеречини.

Таблиця 16. Порівняння динаміки густоти ялинових деревостанів

Table 16. Comparison of the dynamics of spruce stands density

Волога високогірна сушмеречина (C ₃ -См), І клас бонітету								
Вік, років	Густота, шт.·га ⁻¹		Відхилення		Густота, шт.·га ⁻¹		Відхилення	
	Модель	Цурик, І	шт.·га ⁻¹	%	Модель	Ходот, І	шт.·га ⁻¹	%
40	1797	1544	+253	+14,1	1797	1526	+271	+15,1
50	1175	1135	+40	+3,4	1175	1122	+53	+4,5
60	870	904	-34	-3,9	870	878	-8	-0,9
70	697	740	-43	-6,2	697	721	-24	-3,4
80	592	638	-46	-7,8	592	616	-24	-4,1
90	524	557	-33	-6,3	524	542	-18	-3,4
100	482	493	-11	-2,3	482	488	-6	-1,2
110	456	440	+16	+3,5	456	447	+9	+2,0
120	444	396	+48	+10,8	444	417	+27	+6,1

Порівняння таксаційних показників ялинових деревостанів за змодельованими значеннями зі значеннями таблиць ходу росту Є. І. Цурика та Г. А. Ходота показує загалом невеликі відхилення. В умовах вологої буково-ялицевої сушмеречини максимальне відхилення за показниками середньої висоти становить 8,7%, середнього діаметра – 13,7%, видового числа – 8,0%, запасу деревостану – 23,3% у віці 40 років. Найбільшим воно є для показника густоти деревостану – 29,7% у віці 80-90 років.

В умовах вологої високогірної сушмеречини найбільше відхилення середньої висоти за розробленою моделлю спостережено у віці 40 років – +7,9% порівняно з таблицями ходу росту ялинових деревостанів Є. І. Цурика. У цьому ж віці максимальне відхилення середнього діаметра сягає 15,4%, видового числа – 11,2%, запасу деревостану – 17,5%, а густоти деревостану – 15,1%.

Список літератури (References)

Володимиренко, В. М. (2006). *Особливості росту та прогноз продуктивності штучних модальних ялинових деревостанів Українських Карпат*: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.03.02. Київ, Національний аграрний університет [Volodymyrenko, V. M. (2006). *Peculiarities of growth and productivity forecast of artificial modal spruce stands of the Ukrainian Carpathians*. Abstract doctoral dissertation, National Agrarian University, Kyiv, Ukraine. Retrieved from http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?] (in Ukrainian)

Гриник, Г. Г. (2011). Лісівничо-таксаційна характеристика ялинових деревостанів Українських Карпат з урахуванням особливостей рельєфу. *Науковий вісник НЛТУ України*, 21.12, 12-23 [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. Retrieved from https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2011/21_12/index.htm] (in Ukrainian)

Гриник, Г. Г. (2011). Лісівничо-таксаційні особливості та динаміка складу гірських ялиників Українських Карпат. *Науковий вісник НЛТУ України*, 21.15, 41-56 [Hrynyk, H. H. (2011). Forestry and forest mensuration features and dynamics of the composition of mountain spruces of the Ukrainian Carpathians. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 21.15, 41-56. Retrieved from https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2011/21_15/index.htm] (in Ukrainian)

Гриник, Г. Г. (2012). Моделювання основних таксаційних показників модальних деревостанів ялини європейської в Українських Карпатах. *Науковий вісник НЛТУ України*, 22.13, 13-20 [Hrynyk, H. H. (2012). Modeling of the main taxing indicators of modal stands of European spruce in the Ukrainian Carpathians. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 22.13, 13-20. Retrieved from https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2012/22_13/index.htm] (in Ukrainian)

Гриник, Г. Г., Гриник, О. М. (2022). *Ріст і продуктивність деревостанів ялини європейської в Українських Карпатах залежно від особливостей рельєфу*. Львів: Сполом [Hrynyk, H. H., & Hrynyk, O. M. (2022). *Growth and productivity of European*

- spruce stands in the Ukrainian Carpathians depending on the topography. Lviv: Spolom] (in Ukrainian)
- Гриник, Г.Г., Задорожний, А.І., Гриник, О.М. (2021). Стовбурова біопродуктивність ялинових деревостанів Полонинського хребта Українських Карпат. *Науковий вісник НЛТУ України*, 31(6), 26-24 [Hrynyk, H.H., Zadorozhny, A.I., & Hrynyk, O.M. (2021). Stem bioproductivity of spruce stands of the Polonynsky Range of the Ukrainian Carpathians. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University of Ukraine*, 31(6), 26-34. <https://doi.org/10.36930/40310603>] (in Ukrainian)
- Дебринюк, Ю.М. (2011). Всихання смерекових лісів: причини та наслідки. *Науковий вісник НЛТУ України «Урбанізаційні процеси в гірських ландшафтах і шляхи їхнього регулювання»*, 21.16, 32-38 [Debryniuk, Yu.M. (2011). Dieback of the spruce forests: causes and consequences. *Scientific bulletin of the Ukrainian State Forestry University «Urbanization processes in mountain landscapes and ways of their regulation»*, 21.16, 32-38. Retrieved from http://nltu.edu.ua/nv/Archive/2011/21_16/index21_16.htm] (in Ukrainian)
- Дебринюк, Ю.М. (2017). Смеречники Українських Карпат в умовах кліматичних змін. *Ліси Східної Європи у світі, що змінюється: матеріали міжнарод. наук.-практ. конф., м. Київ, 27-30 вересня 2017 р. Київ: Національний ун-т біоресурсів і природокористування України*, 48-49 [Debryniuk, Yu.M. (2017). Spruce forests of the Ukrainian Carpathians in the conditions of climate change. In *Forests of Eastern Europe in a changing world*, 48-49. Kyiv: National University of Life and Environmental sciences of Ukraine] (in Ukrainian)
- Козловський, М.П., Крамарець, В.О., Целень, Я.П. (2013). Сучасні тенденції та причини всихання лісостанів ялини європейської в Бескидському регіоні й шляхи покращення їхнього санітарного стану. *Наукові основи збереження біотичної різноманітності*, 4.11(1), 167-180 [Kozlovskiy, M.P., Kramarets, V.O. & Tselen, Ya.P. (2013). Current trends and causes of drying of European spruce forests in the Beskid region and ways to improve their sanitary condition. *Scientific bases of biodiversity Conservation*, 4.11(1), 167-180. Retrieved from <http://www.ecoinst.org.ua/html/201311/fb2.pdf>] (in Ukrainian)
- Король, М.М. (2004). *Особливості формування ялинових деревостанів у Горганах (Українські Карпати): автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.03.02*. Київ, Національний аграрний університет [Korol, M.M. (2004). *Features of formation of spruce stands in Gorgany (Ukrainian Carpathians)*. Abstract doctoral dissertation, National Agrarian University, Kyiv, Ukraine. Retrieved from http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?] (in Ukrainian)
- Король, М.М., Вицєга, Р.Р. (2006). Моделі росту смерекового деревостану. *Науковий вісник НЛТУ України*, 16.3, 18-22 [Korol, M.M., & Vytsega, R.R. (2006). Spruce stand growth models. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University of Ukraine*, 16.3, 18-22. Retrieved from https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2006/16_3/index.htm] (in Ukrainian)
- 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 [Kramarets V.O., & Krynytskyu, H.T. (2009). Assessment of 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 of Ukraine*, 19.15, 38-50. Retrieved from https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2009/19_15/index.htm] (in Ukrainian)
- Крамарець, В.О., Мацяк, І.В. (2018). Роль біотичних чинників у всиханні ялиників Українських Карпат. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 17, 121-32 [Kramarets, V.O., & Matsiakh, I.P. (2018). The role of biotic factors in the spruce forests decline of the Ukrainian Carpathians. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 17, 121-132. <https://doi.org/10.15421/411827>] (in Ukrainian)
- 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 [Krynytskyu, H.T., & Kramarets, V.O. (2009). The system of forestry activities 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. Retrieved from <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/16451>] (in Ukrainian)
- Лакида, П.І. (2008). *Штучні ялинові деревостани Українських Карпат – прогноз росту та продуктивності*. Київ: ННЦ «Інститут аграрної економіки» [Lakyda, P.I. (2008). *Artificial spruce stands of the Ukrainian Carpathians – a forecast of growth and productivity*. Kyiv: NSC «Institute of Agrarian Economics»] (in Ukrainian)
- Малиновський, К.А. (1975). *Біологічна продуктивність смерекових лісів*. Київ: Наукова думка [Malynovskiy, K.A. (1975). *Biological productivity of spruce forests*. Kyiv: Scientific thought] (in Ukrainian)
- Олійник, В.С., Зейналян, А.М. (2020). Лісівничотаксаційні особливості всихання ялинових насаджень у басейні річки Бистриця Солотвинська. *Науковий вісник НЛТУ України*, 30.3, 9-12 [Oliinyk, V.S., & Zeinalian, A.M. (2020). Forestry and forest mensuration features of drying of spruce plantations in the basin of the river Bystritsa Solotvynska. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University of Ukraine*, 30.3, 9-12. <https://doi.org/10.36930/40300301>] (in Ukrainian)
- Питикин, А.И. (1976). Продуктивность еловых лесов Карпат. *Лесное хозяйство*, 7, 23-25 [Pytykyn, A.Y. (1967). Productivity of spruce forests of the Carpathians. *Forestry*, 7, 23-25] (in Russian)
- Сабан, Я.А. (1982). *Экология горных лесов*. Москва: Лесная промышленность [Saban, Ya.A. (1982). *Ecology of mountain forests*. Moscow: Forest industry] (in Russian)
- Ходот, Г.А. (1958). Хід росту карпатських ялиників. В кн.: *Таблиці ходу росту і товарності*

- насаджень деревних порід України (с. 34-35), Київ: Держзільськогоспвидав [Khodot, H.A. (1958). The growth of Carpathian spruce trees. In *Yield Tables and marketability of tree plantations of Ukraine* (pp. 34-35). Kyiv: Derzhsilhospyvday] (in Ukrainian)
- Цурик, Є.І. (1993). Використання нормативів для таксації лісів Карпат. Львів: ЛЛІТІ [Tsuruk, Ye.I. (1993). *The use of standards for the assessment of forests in the Carpathians*. Lviv: Lviv Forestry Institute] (in Ukrainian)
- Цурик, Е.И. (1981). Ельники Карпат: строение и продуктивность. Львов: Выща школа, изд-во Львов. ун-та [Tsuruk, Ye.I. (1981). *Spruce forests of the Carpathians: structure and productivity*. Lvov: Higher School, publishing house Lvov University] (in Russian)
- Шпарик, Ю.С. (2019). Прогноз всихання ялиників в Українських Карпатах за типами лісу. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 19, 79-88 [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>] (in Ukrainian)
- Шпарик, Ю.С. Парпан, Т.В. (2020). Тенденції всихання ялиників Українських Карпат на прикладі вологої буково-ялицевої сусмеречини. *Лісівництво і агролісомеліорація*, 136, 37-45 [Shparyk, Yu. S., & Parpan, T.V. (2020). Trends in drying of spruce trees in the Ukrainian Carpathians using 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>] (in Ukrainian)
- Шпильчак, М.Б. (1984). Еловые леса Черногоры (Восточные Карпаты), повышение их устойчивости и продуктивности: автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук: 06.03.03. Харьков: Научно-исследовательский институт лесного хозяйства и агролесомелиорации им. Г.Н. Высоцкого [Shpylchak, M.B. (1984). *Spruce forests of Chornogora (Eastern Carpathians), increasing their sustainability and productivity*. Abstract doctoral dissertation, the G.M. Vysotsky Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration, Kharkov, Ukraine] (in Russian)

The dynamics of mensurational indicators of spruce stands on the north-eastern macroslope of the Ukrainian Carpathians¹

V. Lavnyy², O. Matushevych³

The dynamics of stand mensurational indicators in the two spruce-predominant forest types – beech-silver fir-spruce forests on moist fairly fertile site type and pure spruce forests on moist fairly fertile site type was studied on 41 sample plots with a total area of 7.225 ha in Ivano-Frankivsk, Lviv and Chernivtsi regions.

The sample plots were laid out in forests of both natural and artificial origin of varying stand densities. They were located in forests of different categories, on slopes of different exposure and inclination. The age of the investigated spruce stands ranged from 31 to 157 years. The growing stock in the researched spruce stands varies from 207 to 1044 m³·ha⁻¹, depending on age, site class, altitude above sea level and stand density.

According to the developed growth forecast model for spruce stands of site class I in the conditions of the pure spruce forests on moist fairly fertile site type, at the age of 100 years, they will have the following mensurational characteristics: average height – 29.6 m, average diameter – 31.8 cm, stand basal area – 40.4 m², stand density – 510 trees/ha, growing stock – 563 m³·ha⁻¹. Spruce stands of site class I^a in the conditions of the beech-silver fir-spruce forests on moist fairly fertile site type will have the following mensurational characteristics at the age of 100 years: average height – 33.4 m, average diameter – 39.8 cm, stand basal area – 41.2 m², stand density – 331 trees/ha, growing stock – 652 m³·ha⁻¹.

It was found that the average growing stock change (excluding tree mortality) at the age of 100 years by the prevailing stand relative density of 0.7 in the pure spruce forests on moist fairly fertile site type is 5.7 m³·ha⁻¹ per year, and in the beech-silver fir-spruce forests on moist fairly fertile site type – 6.6 m³·ha⁻¹ in a year. For normal stands with a stand density of 1.0, it can reach 8.1 m³·ha⁻¹ per year in the pure spruce forests on moist fairly fertile site type and 9.4 m³·ha⁻¹ per year in the beech-silver fir-spruce forests on moist fairly fertile site type, respectively.

The results of the comparison of our model of the dynamics of mensurational indicators of spruce stands with the existing yield tables of E.I. Tsuruk and G.A. Khodot show minor deviations. The maximum discrepancy exists in the spruce stands density in the conditions of the beech-silver fir-spruce forests on moist fairly fertile site type and amounts to 29.7%.

Key words: *Picea abies* (L.) Karst.; forest type; moist fairly fertile spruce forest type; site class; average height; average diameter; stand basal area; stand density; growing stock; form-factor; growing stock average change.

¹ This study was undertaken within the framework of the “SURGE-Pro” project, which was financially supported by the Volkswagen Foundation.

² 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. Tel.: +38-098-859-72-07. E-mail: lavnyy@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2069-9026>

³ Olexandr Matushevych – PhD student in the Department of Silviculture. Ukrainian National Forestry University. 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: +032-258-42-05. E-mail: o.matushevych@nltu.lviv.ua ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-7086-3705>



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

<http://fasu.nltu.edu.ua>
<https://doi.org/10.15421/412308>

Article received 2023.06.18

Article accepted 2023.11.23

ISSN 1991-606X print

ISSN 2616-5015 online

@ ✉ Correspondence author

Volodymyr Maguran

vol.mahuran20@nltu.lviv.ua

103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine

УДК 634.51:581.54

Особливості сезонного розвитку *Juglans regia* L. у Правобережному Лісостепу України

В. К. Магуран¹, Л. С. Осадчук²

Досліджено особливості сезонного розвитку горіха грецького (*Juglans regia* L.) у кліматичних умовах Правобережного Лісостепу України впродовж 2019-2021 рр. Встановлено, що в умовах регіону першими розпочинають вегетацію дерева горіха грецького у полезахисних і плантаційних насадженнях, а ці фенофази у лісових фітоценозах настають пізніше на 12-14 діб. Такий інтервал може бути зумовлений впливом агротехнічних умов, ґрунтовими і гідрологічними особливостями та іншими чинниками, які визначають розвиток рослин у різних екосистемах.

Тривалість вегетаційного періоду плантаційних насаджень на території Правобережного Лісостепу становить у середньому 183 доби, а лісових деревостанів – 186 діб. Сорти горіха грецького 'Вебу 6' та 'Єфрем 1', вирощені на території Вінницької області, вегетують упродовж меншого періоду часу порівняно з місцевими, американськими та європейськими сортами й формами. Подібні особливості визначено також щодо термінів і темпів росту й розвитку – дослідні сорти горіха грецького починають розвиватися раніше й раніше завершують ріст, що характеризує їх як більш зимостійкі.

Отримані результати також вказують на істотну різницю між найбільш ранніми та найбільш пізніми датами настання фенологічних фаз горіха грецького на дослідних ділянках. Це свідчить про важливі генетичні особливості цього деревного виду, які визначають необхідний інтервал часу та суму ефективних температур для його нормального розвитку.

Кліматичні умови Правобережного Лісостепу сприятливі для широкого культивування сортів горіха грецького – 'Вебу 6' та 'Єфрем 1'. Їхній фенологічний ритм відповідає тривалості вегетаційного періоду на території Правобережного Лісостепу.

Настання кожної фенологічної фази вегетації горіха грецького залежить від генетично зумовленого інтервалу часу, а сезонні ритми розвитку є виявом його пристосування до змін у навколишньому середовищі. Дати фенологічного розвитку сортів 'Вебу 6' та 'Єфрем 1' не виходять за межі сезонних ритмів в умовах Правобережного Лісостепу, тому ці сорти є перспективними для використання у цьому регіоні.

Ключові слова: *Juglans regia* L.; феноспектр; фенологічні фази; сезонні ритми; вегетативні органи; генеративні органи; вегетаційний період; феноамплітуда.

Вступ (Introduction). Серед перспективних деревних рослин у Правобережному Лісостепу України варто виділити горіх грецький (*Juglans regia* L.), який має не тільки важливе господарське значен-

ня, але й займає вагоме місце в економіці регіону. Деревний вид також є популярним у генетико-селекційному напрямі з погляду створення нових сортів і форм. Лише 7% суходолу на Землі вважають

¹ Магуран Володимир Костянтинович – аспірант кафедри ботаніки, деревинознавства та недревних ресурсів лісу. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-068-040-80-82 E-mail: vol.mahuran20@nltu.lviv.ua ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-7786-3874>

² Осадчук Леонід Семенович – академік Лісівничої академії наук України, доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувач кафедри ботаніки, деревинознавства та недревних ресурсів лісу. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-067-799-06-73. E-mail: l.osadchuk@nltu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8719-8125>

придатними для вирощування горіхоплідних культур, і Україна належить до небагатьох країн, де майже всю територію можна використовувати для їх культивування. За статистичними даними, на початку 2020 р. площа насаджень горіха грецького в Україні становила 15,8 тис. га. Україна посідає п'яте місце у рейтингу світових виробників грецьких горіхів. Щорічно в Україні виробляють близько 126 тис. т плодів (Меженський, 2020; Статистичний..., 2020; Абоїмова, 2020).

Для *Juglans regia* характерні унікальні та цінні господарські властивості, як плодової рослини, так і високий рівень біотичної стійкості щодо несприятливих екологічних умов росту, тому він є перспективним деревним видом для плантаційного вирощування у Правобережному Лісостепу. Цінною є й високоякісна деревина горіха, яку використовують для виготовлення меблів, отримання струганого шпону (особливо цінується шпон з кап), виготовлення лож мисливських рушниць та інших виробів у різноманітних галузях (Поліщук, 1959; Меженський, 2020).

Дослідження видів роду *Juglans* L. в Україні, зокрема *Juglans regia*, стосуються, насамперед, господарсько-цінних властивостей та біохімічного складу плодів (Поліщук, 1959; Тиж, Антонюк, 1984; Гузь, Гречаник, 2008). Їхня виняткова цінність сприяла генетично-селекційним дослідженням для виведення кращих сортів і форм. Також у низці робіт розглянуто біологічні, екологічні, лісівничі властивості горіха грецького, його стійкість до несприятливих абіотичних чинників (Швиденко, Циганков, 1978; Щепотьєв, Павленко, Ріхтер, 1987; Lenda et al., 2017; Medvecká et al., 2018).

Фенологічні спостереження дають інформацію про динаміку розвитку рослин упродовж річного циклу і широко використовуються для оцінювання впливу на рослини погодних та інших умов навколишнього середовища. Попередні дослідження горіха грецького в локальному, регіональному та континентальному масштабах свідчать про мінливість за роками дат сезонного розвитку та врожайності, що пов'язано з мінливістю кліматичних показників (Chmielewski, & Rötzer, 2001; Lobell, Cahill, & Field, 2007; García-Mozo, Mestre, & Galán, 2010; Campoy, Ruiz, & Egea, 2011; Assessing..., 2022; World of change..., 2022; Manthos et al., 2023).

Актуальність дослідження полягає у важливості встановлення сезонних особливостей росту й розвитку *Juglans regia*, що є необхідною умовою для виявлення сучасних фенологічних ритмів його кращих форм і сортів, оцінювання їхньої адаптаційної спроможності, а також можливості прогнозування врожаю та особливостей вирощування горіхових плантацій у Правобережному Лісостепу.

Мета дослідження – вивчення сезонних особливостей розвитку сортів горіха грецького з урахуванням варіабельності кліматичних показників.

Методичні підходи (Methodological approaches). Об'єкт дослідження – процеси перебігу основних фаз сезонного розвитку *Juglans regia*

в кліматичних умовах Правобережного Лісостепу України. **Предмет дослідження** – визначення термінів сезонного розвитку сортів горіха грецького та феноамплітуди.

Фенологічні спостереження за деревами *Juglans regia* здійснювали впродовж 2019-2021 рр. за загальноприйнятими методиками (Шовган, 1998) з фіксуванням чотирьох фаз і 17 підфаз розвитку генеративних і вегетативних органів на трьох пробних площах, які було закладено у плантаційному, полезахисному і лісовому насадженнях. Під час закладання пробних площ відбирали найкращі для проведення досліджень ділянки за наявності на них не менше 30 екземплярів горіха грецького. Під час фенологічних спостережень відстежували такі фази розвитку: вегетативну, цвітіння, плодоношення, завершення вегетації. При цьому фіксували дати масового настання фенофази, тобто дату перебування понад 50% дослідних рослин у певній фазі розвитку.

У вегетативній фазі розвитку виокремлювали дати масового набубнявіння бруньок, розпускання бруньок, початку й завершення росту пагонів, появи листків та їхнього повного розвитку. Фазу цвітіння поділяли на три підфази: початок (10% рослин), масове (понад 90% рослин) і завершення.

Під час фіксування дат настання фази плодоношення відзначали початок зав'язування плодів, появу першого стиглого плоду, масове дозрівання плодів, початок та опадання всіх плодів. У фазі завершення вегетації відстежували початок забарвлення листків, початок та завершення опадання листя. Для дати настання кожної фенофази розраховували суму активних (CAT 5°C, CAT 10°C) і суму ефективних (CET 5°C) температур за даними метеостанції м. Вінниця за загальноприйнятими методичними рекомендаціями (Kolotii et al., 2015; Дрозд, Яйлимова, 2022). Фенологічні спостереження здійснювали від першої декади березня до третьої декади листопада. Для побудови феноспектра розвитку рослин ділянку оглядали впродовж перших п'яти місяців двічі на тиждень, а починаючи із липня – один раз на 5-7 діб.

Дослідження здійснювали на трьох об'єктах: полезахисне насадження горіха грецького (дослідна ділянка № 3; Крижопільський район Вінницької обл.; 48°14'16.0"N 28°38'46.9"E); лісове насадження горіха грецького (ділянка №2; філія «Крижопільське лісове господарство» Вінницької обл.; 48°16'08.9"N 28°37'21.7"E); плантаційне насадження горіха грецького (ділянка №1; Крижопільський район Вінницької обл.; 48°15'43.4"N 28°36'56.8"E). Плантаційне насадження *Juglans regia* створене із сортів 'Вебу 6' та 'Єфрем 1' у 2018 році. Дослідна плантаційна ділянка створена із районованого садивного матеріалу, вирощеного у Барському районі Вінницької області (рис. 1).

Сорт 'Вебу 6' представлений невисокими деревами – 50-річні екземпляри сягають висоти 5-6 м. Середня врожайність становить 5,4 т/га, а середній урожай з одного дерева в період найвищого плодо-

ношення – 45 кг. Сорт характеризується середньою силою росту, розлогою кроною, напівлатеральним типом плодоношення і подовженим цвітінням. Цей сорт (рис. 2, а) дає великий вихід ядра – 52-56%. У зав'язі переважно по два видовжених плоди з тонкою шкаралупою. Дозрівання плодів рівномірне – з 15 до 30 вересня. Середня маса горіха становить 14-16 г. Легко лушиться. Урожайність одного 16-річного дерева становить 30-36 кг. Починає плодоносити з четвертого року. Сорт самозапилюючий, що забезпечує високу врожайність за різних погодних умов. За 9-бальною шкалою має такі характеристики: зимостійкість – 9, посухостійкість – 9, виповненість горіха – 9, легкість видалення ядра – 9, дегустаційна оцінка – 8, стійкість проти шкідників: горіхової попелиці – 9, горіхової молі – 8; стійкість проти збудників хвороб: бурої плямистості – 8, чорної плямистості – 8. Знімальна стиглість настає в середньому після 157 діб, вміст жиру становить 68,4%, білка – 15,6%, вуглеводів – 5,9%.

Сорт 'Єфрем 1' має такі характерні ознаки. Представлений середніми за силою росту деревами, має напівлатеральний тип плодоношення, середньостиглий з великими плодами. Цей сорт дає великий вихід ядра – 51%. У зав'язі переважно по 2-3 плоди. Плоди яйцеподібні, з тонкою шкаралупою. Дозрівання плодів рівномірне, відбувається у третій декаді вересня. Середня врожайність становить 3,5 т/га, середня маса горіха – 19 г. Легко лушиться.

ся. Починає плодоносити з п'ятого року, має короткотривале цвітіння. Самозапилюючий, що дає змогу підтримувати врожайність за різних погодних умов.

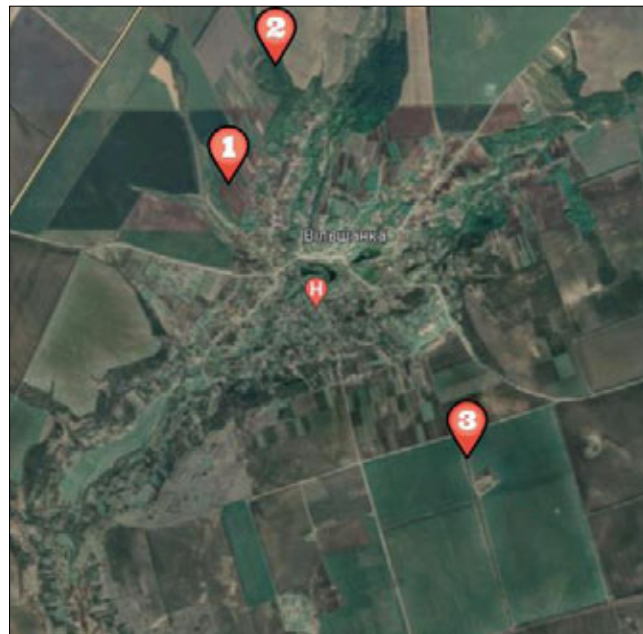


Рис. 1. Географічне розташування дослідних ділянок

Fig. 1. Geographical location of trial plots
(взято із сайту: <https://www.google.com.ua/maps/place/Вільшанка,+Вінницька+область,+24624>)



а



б

Рис. 2. П'ятирічне дерево сорту 'Вебу 6' (а) та чотирирічне дерево сорту 'Єфрем 1' (б)

Fig. 2. A five-year-old tree of the 'Vebu 6' variety (а) and a four-year-old tree of the 'Efrem 1' variety (б)

За 9-бальною шкалою має такі характеристики: зимостійкість – 9; посухостійкість – 8; виповненість – 9; твердість шкаралупи – 8; легкість видалення ядра – 9; дегустаційна оцінка – 8; стійкість проти шкідників: горіхової попелиці – 9, горіхової молі – 8; стійкість проти збудників хвороб: бу-

рої плямистості – 8, чорної плямистості – 8 (див. рис. 2, б). Знімальна стиглість настає в середньому через 131 добу, вміст жиру – 71,5%, вміст білка – 19,5%, вміст вуглеводів – 6,8% (Охорона прав на сорти рослин ..., 2019). Динаміку фенологічних фаз горіха грецького на території Правобережного

Лісостепу встановлено на основі середньорічних дат їх настання і тривалості та визначення надійного інтервалу, який характеризує лабільність фенофаз.

Результати (Results). Дані фенологічних спостережень упродовж 2019-2021 рр. у регіоні дослідження дали змогу визначити дати настання окремих фенофаз у різних умовах вирощання. Врахувавши їхні амплітуди, було створено фенологічні спектри розвитку горіха грецького для плантаційних, полезахисних і лісових умов на території Правобережного Лісостепу.

Ритмічність сезонного росту і розвитку горіха грецького у плантаційному насадженні, а також у лісових та полезахисних насадженнях у 2019-2021 рр. тісно пов'язана з факторами навколишнього природного середовища, зокрема із сумами активних та ефективних температур. В умовах регіону першими розпочинають вегетацію дерева го-

ріха грецького у плантаційних, а дещо пізніше – у полезахисних насадженнях. Різниця між середніми, найбільш ранніми і найбільш пізніми датами настання фенофаз у плантаційних і полезахисних насадженнях виявилась не суттєвою і становила в середньому 3-4 доби. Найпізніше розпочинають вегетацію рослини у лісових фітоценозах; різниця між настанням фенофаз у плантаційних і лісових насадженнях була чітко виражена і становила 12-14 діб. Загалом вегетація дерев горіха грецького розпочинається у першій половині квітня у плантаційних насадженнях і полезахисних смугах, коли цьому сприяють метеорологічні умови та нагромадження додатних середньодобових температур; за несприятливих умов цей процес може затриматись до кінця квітня. Графічну інтерпретацію основних фенофаз росту і розвитку *Juglans regia* на пробних площах наведено у вигляді феноспектра (рис. 3).

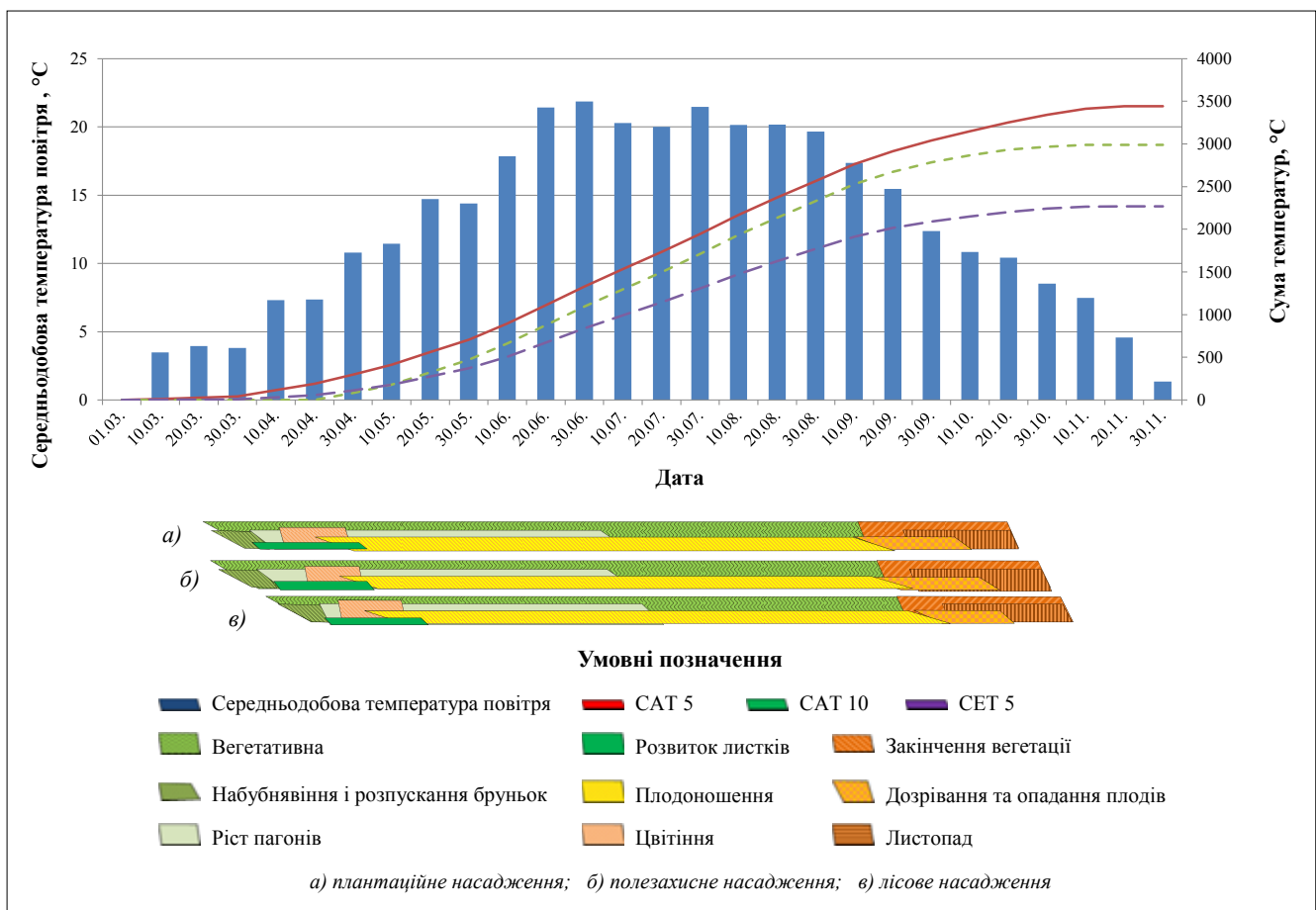


Рис. 3. Феноспектр основних фенологічних фаз росту та розвитку горіха грецького (Правобережний Лісостеп, 2019-2021 рр.)

Fig. 3. Phenospectrum of the main phenological phases of walnut growth and development (Right-bank Forest-Steppe, 2019-2021)

Фенологічна амплітуда масового набубнявіння вегетативних бруньок у плантаційних і полезахисних насадженнях, порівняно з лісовими умовами, становить 13 діб, генеративних бруньок – 12 діб, початку фенофази масового розкривання вегетативних і генеративних бруньок – 14 діб (див. рис. 4, а). Це явище можна пояснити широкою варіабель-

ністю погодних умов впродовж досліджуваних років, а також різними умовами росту горіха грецького на пробних площах.

Після завершення фази масового набубнявіння у горіха грецького розпочинався ріст листків (див. рис. 4, б): у плантаційних умовах ця фенофаза розпочиналася 25 квітня, у лісових насадженнях –

5 травня. Фенологічна амплітуда настання фенофази становить 11 діб. Повне формування листків у досліджуваного виду триває до 16 травня у полезахисних насадженнях і до 30 травня – у лісових. Феноамплітуда для цієї фенофази становить 15 діб.

Початок росту пагонів (див. рис. 4, с) зафіксовано через 5-6 діб після початку росту листків, тобто

з 30 квітня в умовах плантації, 2 травня для полезахисних насаджень і 13 травня – у лісових умовах. Тривалість росту пагонів на плантації спостерігали до середини липня (16.07), а ріст пагонів у лісових умовах завершився 25 липня. Фенологічна амплітуда настання фенофази початку росту пагонів становить 14, а завершення росту пагонів – 10 діб.

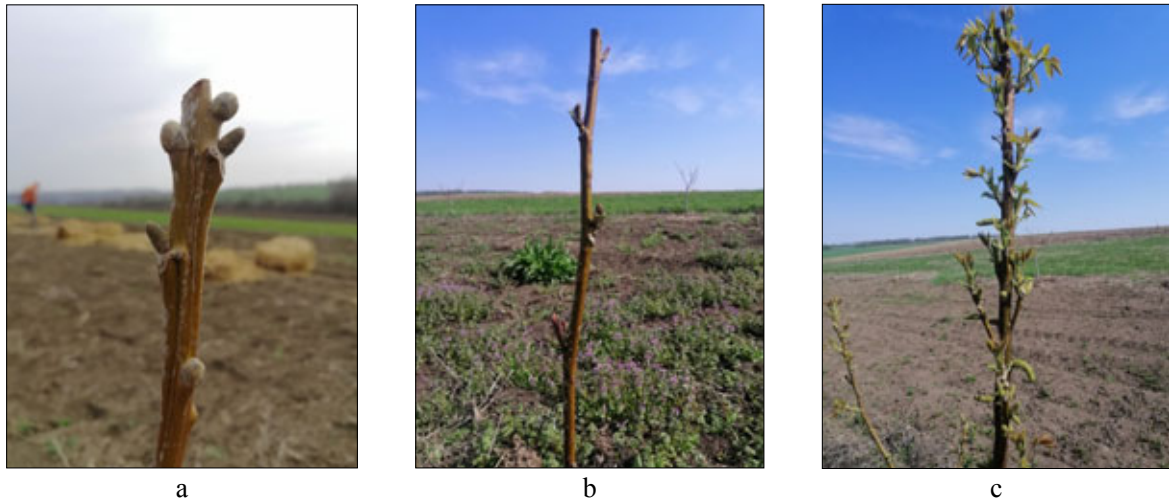


Рис. 4. Масове бубнявіння бруньок (а), початок росту листків (б) та початок росту пагонів і розпускання листків (с)
Fig. 4. Mass swelling of buds (a), the beginning of leaf growth (b) and the beginning of shoot growth and foliation (c)

Варто зазначити, що фаза цвітіння у горіха грецького розпочинається з процесу початку продукування чоловічими квітками пилку (див. рис. 5, а) і завершується засиханням маточок у жіночих квіток. У плантаційному насадженні початок цвітіння тичинкових квіток спостерігали 30 квітня, маточкових – 5 травня; масове цвітіння тичинкових квіток – 2 травня, маточкових – 9 травня; завершення цвітіння тичинкових квіток – 6 травня та маточкових квіток – 14 травня.

У полезахисних насадженнях початок цвітіння відбувся із затримкою на чотири доби. Початок

цвітіння у тичинкових квіток розпочався 4 травня, маточкових – 7 травня; масове цвітіння тичинкових квіток відбувалось 7 травня, а маточкових квіток – 10 травня; завершення цвітіння тичинкових квіток спостерігали 11 травня, а маточкові квітки завершили цвітіння 16 травня. У лісових умовах фаза цвітіння мала наступні фенодати: цвітіння тичинкових квіток розпочалось 12 травня, маточкових – 15 травня; масове цвітіння тичинкових квіток зафіксували 16 травня, маточкових – 12 травня (див. рис. 5, б); завершення цвітіння тичинкових квіток – 21 травня та маточкових квіток – 25 травня.

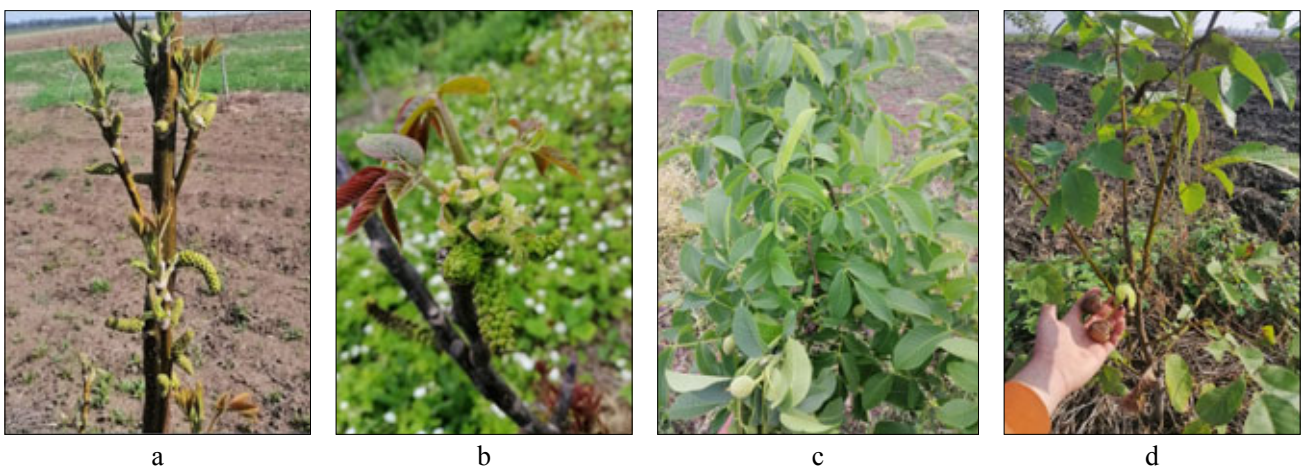


Рис. 5. Початок цвітіння тичинкових квіток (а), цвітіння маточкових квіток (б), ріст плодів (с), дозрівання і збір плодів (д)

Fig. 5. Initial blossom of staminate flowers (a), flowering of pistil late flowers (b), fruit growth (c), ripening and harvesting of fruits (d)

Фаза цвітіння у горіха грецького триває близько двох тижнів, але часова різниця для кожної її фенофази становить: початок цвітіння чоловічих квіток – 12 діб, жіночих – 11 діб; масове цвітіння у чоловічих квіток – 14, у жіночих – 11 діб; завершення цвітіння чоловічих квіток має феноамплітуду 15 діб і жіночих квіток – 12 діб.

Починаючи із майже середини фази цвітіння, горіх грецький плавно переходить у наступну фенологічну фазу – плодоношення (див. рис. 5, с). Ця фаза у досліджуваного виду охоплює такі підфази: початок зав'язування плодів спостерігали 10 травня у плантаційних, 13 травня – у полезахисних та 20 травня – у лісових умовах; масове дозрівання плодів на пробній площі в умовах плантації розпочалося 13 вересня, у полезахисних умовах – 17 вересня, а на пробній площі у лісових умовах – 25 вересня; початок та опадання усіх плодів у плантаційних умовах спостерігали 18 вересня і 7 жовтня, у полезахисних насадженнях – 19 вересня і 10 жовтня, а в лісових насадженнях, відповідно – 1 і 10 жовтня.

Феноамплітуда для наведених вище підфаз становить: початок зав'язування плодів – 11 діб, масове дозрівання плодів – 13 діб, початок опадання плодів – 13 діб і опадання всіх плодів – 10 діб.

Для дозрівання плодів (див. рис. 5, d) горіха грецького потрібна сума додатних температур близько 3000°C. В умовах дослідного регіону на час фіксації фенофази масового дозрівання плодів сума активних температур (САТ 5°C) становила 2913, сума активних температур (САТ 10°C) – 2685 і сума ефективних температур (СЕТ 5°C) – 2026. Ця фаза відзначається значною тривалістю – близько 4,5 місяці.

Завершення вегетації триває впродовж півтора місяця. Початок зміни забарвлення листкових пластинок випереджає орієнтовно на один тиждень дозрівання плодів, що вочевидь можна пояснити пріоритетним надходженням поживних речовин до генеративних органів, зокрема для формування плодів. Феноамплітуда для цієї фенофази становить 10 діб. Початок опадання листків має феноамплітуду, залежно від умов зростання, 9 діб, а завершення листопаду – 11 діб. Міжфазний період між початком зміни забарвлення листків і до повного їх опадання триває півтора місяця.

Встановлено, що тривалість вегетаційного періоду на території Правобережного Лісостепу України в умовах кліматичних змін у плантаційному і полезахисному насадженнях становить 183 доби, а у лісових насадженнях – до 186 діб (див. рис. 3). Рівень сезонних ритмів *Juglans regia*, який закріплений у генотипі рослин, не виходить за межі тривалості вегетаційного періоду, незважаючи на кліматичні зміни у регіоні.

Отже, динаміка настання фенофаз, терміни початку і тривалість фенологічних циклів у деревного виду постійно піддані впливу сезонних змін погодних умов, а також і кліматичних змін загалом. Горіх грецький адаптується до цих змін, частково змінюючи ритміку свого росту і розвитку.

Дискусія (Discussion). Континентальні кліматичні умови, які притаманні для більшої частини території України із частими пізньовесняними приморозками, можуть пошкодити не лише квіти, але й молоді пагони на початку їх розвитку. Тому раннє розпускання бруньок є обмежувальним фактором для промислового вирощування горіха грецького на усій території держави (Щепотьєв та ін., 1987; Бадалов, 1995; Меженський, 2020). Отже, дослідження фенологічних особливостей деяких сортів є єдиним обґрунтованим вибором для оцінювання можливостей промислового вирощування горіха грецького в Україні. Зміни у фенологічному розвитку рослин є кращою і найбільш чутливою ознакою для розуміння можливих біологічних наслідків глобальної зміни клімату, оскільки довготривалий зв'язок між термінами проходження певних фенофаз і температурою повітря до початку настання цих фаз можна пояснити реакцією рослин на глобальне потепління.

Фенологічні моделі дають змогу спрогнозувати підвищення середньої температури взимку та ранньою весною, що спричиняє раннє розпускання листків і цвітіння горіха грецького, підвищує ризик пошкодження рослин пізніми приморозками.

Прогнозоване глобальне підвищення температури може спричинити зміни у циклі розвитку деревних рослин загалом. Дослідження, проведені на території Словенії у 2009 р., виявили впродовж двох десятиліть (1984-2006 рр.) тенденції до більш раннього початку розпускання бруньок двох сортів грецького горіха («Franquette» і «G-139»), що спричинювало пришвидшення розвитку навесні. Настання фази розпускання бруньок тісно корелювало з весняною температурою повітря (Črepinšek et al., 2009).

Опираючись на дані літературних джерел (Lobell et al., 2006; Jackson, & Jenkins, 2012; Assessing..., 2022) та проаналізувавши особливості температурного режиму регіону досліджень, можна стверджувати про наявність загальної тенденції щодо підвищення середньої температури повітря у Правобережному Лісостепу. Такі зміни клімату під час вирощування горіха грецького створюють додатковий ризик пошкодження рослин пізніми весняними приморозками, особливо за умови, коли зима була порівняно м'якою.

За результатами фенологічних спостережень, проведених впродовж 1960-1969 рр., тривалість вегетаційного періоду в умовах Лісостепу України була помітно меншою і становила в середньому 165 діб (Гришко-Богменко, 1969). Дослідження О.М. Абоїмової (2020) в умовах Лісостепу України впродовж 2015-2018 рр. показали, що тривалість вегетаційного періоду для деревних рослин роду *Juglans* L. помітно збільшилася і становить на сьогодні 173-195 днів. У межах наших досліджень підтверджено тенденцію до збільшення тривалості вегетаційного періоду на території Правобережного Лісостепу України, який становив 183 доби для плантаційних насаджень і 186 діб для лісових, що

узгоджується як з останніми літературними даними, так і з тривалістю вегетаційного періоду в регіоні загалом.

Дослідження Ф. Л. Щепотьєва та ін. (1987) підтверджують, що в Лісостепу України основний ріст пагонів *Juglans regia* відбувався з початку травня і припинявся до третьої декади липня. Також нами встановлено, що пагони деревного виду в довжину ростуть переважно у травні, а, починаючи з другої декади червня, ріст у довжину поступово сповільнюється, натомість посилюється ріст за діаметром.

Результати досліджень вказують, що *Juglans regia* має тривалий період зимового спокою, що може бути однією з особливостей цього деревного виду серед плодкових. Виявлена різниця між найбільш ранніми і найбільш пізніми датами настання фенологічних фаз свідчить про наявність генетично визначеного інтервалу часу й більшу необхідну суму ефективних температур для успішного розвитку горіха грецького у мінливих погодних умовах. До подібного висновку дійшли інші дослідники (Soleimani et al., 2019). Їхніми дослідженнями також підтверджено факт, що рослини виду *Juglans regia* мають високу адаптивну спроможність до глобальних кліматичних змін, а також існування впливу самого генотипу на перебіг фенологічних фаз. Отже, проведені дослідження підтверджують, що рівень сезонних ритмів горіха грецького закріплений у генотипі деревної рослини і не виходить за межі тривалості вегетаційного періоду навіть в період глобальних кліматичних змін.

Висновки (Conclusions). Середня тривалість вегетаційного періоду *Juglans regia* на території Правобережного Лісостепу України становить 183 доби для плантаційних насаджень та 186 діб – для лісових умов. Рівень сезонних ритмів деревного виду, який закріплений у генотипі рослин, не виходить за межі тривалості вегетаційного періоду, який через глобальні кліматичні зміни збільшився. Цей фактор свідчить про екологічну валентність і адаптивність виду до глобальної зміни клімату в умовах Правобережного Лісостепу.

Кліматичні умови Правобережного Лісостепу сприятливі для масового вирощування сортів горіха грецького – ‘Вебу 6’ та ‘Єфрем 1’. Фенологічні ритми дослідних сортів повністю відповідають тривалості вегетаційного періоду на території досліджуваного регіону. Настання кожної вегетаційної фази тісно пов’язане з генетично визначеним інтервалом часу, а сезонні ритми розвитку цих сортів є виявом їхньої адаптації до навколишнього середовища. Цей аспект є доволі важливим з урахуванням постійних змін у кліматі та довкіллі, що може суттєво впливати на вирощування сортів горіха грецького.

Загалом сорти ‘Вебу 6’ та ‘Єфрем 1’ мають вагомий перспективи для широкого впровадження в умовах Правобережного Лісостепу. Отримані результати дають змогу прогнозувати врожайність та вдосконалювати методи вирощування нових сортів горіха грецького у цьому регіоні.

Список літератури (References)

- Абоїмова, О. М. (2020). Особливості сезонного розвитку видів роду *Juglans* L. в умовах Київського Полісся. *Науковий вісник НЛТУ України*, 30(2), 33-37 [Aboimova, O. M. (2020). Features of seasonal development of species of the genus *Juglans* L. in the conditions of Kyiv Polissya. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 30(2), 33-37. <https://doi.org/10.36930/40300206>] (in Ukrainian)
- Бадалов, П. (1995). Селекція гібридів між горіхами маньчжурським та волоським на зимостійкість та високі якості плодів. *Лісівництво і агролісомеліорація*, 90, 32-35 [Badalov, P. (1995). Breeding hybrids between Manchu and walnut for winter hardiness and high fruit quality. *Forestry and agroforestry*, 90, 32-35] (in Ukrainian)
- Гришко-Богменко, Б. К. (1969). *Биологические особенности видов рода Juglans L. в условиях Лесостепи Украины*: дисс. ... канд. с.-х. наук: 563. Киев: Украинская сельскохозяйственная академия [Grishko-Bogmenko, B. K. (1969). *Biological features of species of the genus Juglans L. in the conditions of the Forest-steppe of Ukraine*. Abstract doctoral dissertation, Ukrainian Agricultural Academy, Kyiv, Ukraine] (in Russian)
- Гуз, М., Гречаник, Р. (2008). Поліморфізм та селекція горіха грецького. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 6, 74-77 [Guz, M., & Grechanik, R. (2008). Polymorphism and selection of walnut. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 6, 74-77. Retrieved from <http://fasu.nltu.edu.ua/index.php/nplanu/issue/view/17>] (in Ukrainian)
- Дрозд, С. Ю., Яйлимова, Г. О. (2022). Порівняльний аналіз сумарних активних температур за осінньо-зимові вегетаційні періоди 2018-2022 років на території України на основі даних ERA-5. Матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. студентів, аспірантів та молодих учених, 304-307 [Drozd, S. Y., & Yaylymova, G. O. (2022). Comparative analysis of total active temperatures for the autumn-winter growing seasons of 2018-2022 in Ukraine based on ERA-5 data. In *Materials of the All-Ukrainian scientific and practical conference of students, postgraduates and young scientists*, 304-307. Retrieved from https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/54468/1/%28304-307%29_Drozd.pdf] (in Ukrainian)
- Меженський, В. М. (2020). *Волоський горіх (Juglans regia L.)*. Київ: Ліра-К [Mezhenskyj, V. M. (2020). *Walnut (Juglans regia L.)*. Kyiv: Lira-K] (in Ukrainian)
- Охорона прав на сорти рослин: Бюлетень (2019). Український інститут експертизи сортів рослин, вип. 1. Вінниця: ФОП Корзун Д. Ю. [Protection of rights to plant varieties: Bulletin (2019). Ukrainian Institute of of Plant Variety Expertise, Issue 1. Vinnytsia: FOP Korzun D. Y. Retrieved from https://minagro.gov.ua/storage/app/sites/1/buleteny/buleteny_2019/_1_2019.pdf] (in Ukrainian)
- Поліщук, Л. К. (1959). *Волоський горіх на Україні*. Київ: Вид-во Київ. ун-ту [Polishchuk, L. K. (1959). *Walnut in Ukraine*. Kyiv: Kyiv University Publishing House] (in Ukrainian)

- Статистичний щорічник України (2020). Київ: Державна служба статистики України [Statistical Yearbook of Ukraine (2020). In I. Verner (Ed.) State Statistics Service of Ukraine. Kyiv. Retrieved from https://ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2021/zb/11/Yearbook_2020.pdf] (in Ukrainian)
- Тыж, Р.М., Антонюк, Н.М. (1984). *Скороплодная и обыкновенная формы ореха грецкого*. Киев: Научкова думка [Tyzh, R.M., & Antoniuk, N.M. (1984). *Early-fruiting and ordinary forms of walnut*. Kyiv: Scientific thought] (in Russian)
- Швиденко, А.И., Цыганков, П.А. (1978). *Культура черного ореха*. Львов: Изд-во Львов. ун-та «Вища школа» [Shvidenko, A.I., & Tsygankov, P.A. (1978). *Culture of black walnut*. Lviv: Publishing House of Lviv University Higher School] (in Russian)
- Шовган, А.Д. (1998). *Фенологічні спостереження за деревними рослинами*. Львів: УкрДЛТУ [Shovhan, A.D. (1998). *Phenological observations of woody plants*. Lviv: Ukrainian State Forestry University] (in Ukrainian)
- Щепотьєв, Ф.Л., Павленко, Ф.А., Ріхтер, О.А. (1987). *Горіхи*. Київ: Урожай [Shchepotiev, F.L., Pavlenko, F.A., & Richter, O.A. (1987). *Nuts*. Kyiv: Harvest] (in Ukrainian)
- Assessing the Global Climate in 2021 (2022). National Centers for Environmental Information (NCEI). Retrieved from <https://www.ncei.noaa.gov/news/global-climate-202112>
- Campoy, J.A., Ruiz, D., & Egea, J. (2011). Dormancy in temperate fruit trees in a global warming context: A review. *Scientia Horticulturae*, 130(2), 357-372. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2011.07.011>
- Chmielewski, F.M., & Rötzer, T. (2001). Response of tree phenology to climate change across Europe. *Agricultural and Forest Meteorology*, 108(2), 101-112. [https://doi.org/10.1016/S0168-1923\(01\)00233-7](https://doi.org/10.1016/S0168-1923(01)00233-7)
- Črepinšek, Z., Solar, M., Štampar, F., & Solar, A. (2009). Shifts in walnut (*Juglans regia* L.) phenology due to increasing temperatures in Slovenia. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 84(1), 59-64. <https://doi.org/10.1080/14620316.2009.11512480>
- García-Mozo, H., Mestre, A., & Galán, C. (2010). Phenological trends in southern Spain: A response to climate change. *Agricultural and Forest Meteorology*, 150(4), 575-580. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2010.01.023>
- Jackson, R., & Jenkins, A. (2012). Vital signs of the planet: global climate change and global warming: uncertainties. California Institute of Technology: Earth Science Communications Team at NASA's Jet Propulsion Laboratory.
- Kolotii, A., Kussul, N., Shelestov, A., Skakun, S., Yailymov, B., Basarab, R., ... Ostapenko, V. (2015). Comparison of biophysical and satellite predictors for wheat yield forecasting in Ukraine. ISPRS – International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XL-7/W3, 39-44. Retrieved from <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-xl-7-w3-39-2015>
- Lenda, M., Knops, J.H., Skórka, P., Morón, D., & Woyciechowski, M. (2017). Cascading effects of changes in land use on the invasion of the walnut *Juglans regia* in forest ecosystems. *Journal of Ecology*, 106(2), 671-686. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12827>
- Lobell, D.B., Cahill, K.N., & Field, C.B. (2007). Historical effects of temperature and precipitation on California crop yields. *Climatic Change*, 81(2), 187-203. <https://doi.org/10.1007/s10584-006-9141-3>
- Lobell, D.B., Field, C.B., Cahill, K.N., & Bonfils, C. (2006). Impacts of future climate change on California perennial crop yields: Model projections with climate and crop uncertainties. *Agricultural and Forest Meteorology*, 141(2-4), 208-218. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2006.10.006>
- Manthos, I., Rouskas, D., Sotiropoulos, T., & Botu, M. (2023). Description of Two Promising Walnut (*Juglans regia* L.) Selections with Lateral Bud Fruitfulness and Large Nuts. *Horticulturae*, 9(7), 820. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9070820>
- Medvecká, J., Jarolínek, I., Hegedúšová, K., Škodová, I., Bazalová, D., Botková, K., & Šibíková, M. (2018). Forest habitat invasions – Who with whom, where and why. *Forest Ecology and Management*, 409, 468-478. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.08.038>
- Soleimani, A., Rabiei, V., Hassani, D., & Mozafari, M.R. (2019). Phenological characteristics of walnut (*Juglans regia* L.) genotypes under environmental conditions of Karaj in Iran. *Crop Breeding Journal*, 9(2), 11-22. <https://doi.org/10.22092/cbj.2020.128539.1045>
- World of change: Global temperatures. (2022). NASA Earth Observatory – Home. Retrieved from <https://earthobservatory.nasa.gov/world-of-change/global-temperatures>

Features of the seasonal development of *Juglans regia* L. in the Right-bank Forest-Steppe of Ukraine

V. Mahuran¹, L. Osadchuk²

The features of the seasonal development of *Juglans regia* L. in the conditions of the Right-bank Forest-Steppe during the 2019-2021 period were studied, recording fourphases and 17 subphases of the

¹ Volodymyr Mahuran – PhD candidate at the Department of Botany, Wood Science and Non-Wood Forest Products. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. +38-068-040-80-82. E-mail: vol.mahuran20@ntu.lviv.ua ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-7786-3874>

² Leonid Osadchuk – Full Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Botany, Wood Science and Non-Wood Forest Products. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. E-mail: l.osadchuk@ntu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8719-8125>

development of generative and vegetative organs. Trial plots were laid out in walnut plantations, shelterbelts and forest stands of walnut. The purpose of the study was to investigate the seasonal characteristics of the development of walnut varieties taking into account climate changes. During the establishment of the trial plots, the best areas for studies were selected based on the presence of at least 30 walnut specimens on them. During the phenological observations, the following phases of development were monitored: vegetative, flowering, fruiting, and completion of the vegetative phase. In this case, the dates of the beginning, mass onset and completion of the phenophase were recorded.

In the conditions of the Right-bank Forest-Steppe, *Juglans regia* stands are the first to start vegetative phase in the shelterbelts and forest plantations, and the onset of the same phenophases in forest phytocenoses occurs with a phenological interval of 12-14 days. This aspect may be due to the influence of agrotechnical conditions, soil and hydrological characteristics, microclimatic conditions and other factors that determine the development of woody plants in different ecosystems.

The duration of the growing season in the territory of the Right-bank Forest-Steppe for walnut plantations is on average 183 days, and for forest conditions – 186 days. The walnut varieties 'Webu 6' and 'Efrem 1', grown in Vinnytsia region, have a shorter growing season compared to local, American, and European varieties and forms. The same is observed regarding growth and development – the experimental varieties begin to develop faster and complete growth earlier, which characterizes these varieties as quite winter-hardy.

The results obtained also indicate a significant difference between the earliest and the latest dates of the onset of phenological phases in *Juglans regia* in the trial plots. This indicates the important genetic characteristics of this tree species, which determine the required time interval and the amount of effective temperatures for its normal development.

The climatic conditions of the Right-bank Forest-Steppe are favorable for the mass cultivation of the 'Webu 6' and 'Efrem 1' walnut varieties. The phenological rhythms of the experimental varieties fully correspond to the duration of the growing season in the territory of the Right-bank Forest-Steppe. The onset of each vegetative phase is closely related to a genetically determined time interval, and the seasonal rhythms of the development of these varieties are a manifestation of their adaptation to the environment. This aspect is quite important, taking into account climatic changes, which can significantly affect the cultivation of walnut varieties. The phenological development of the varieties 'Webu 6' and 'Efrem 1' does not go beyond seasonal rhythms, therefore they are promising for use in the climatic conditions of the study region.

In general, the varieties 'Webu 6' and 'Efrem 1' have significant prospects for widespread introduction in the conditions of the Right-bank Forest-Steppe. The results obtained make it possible to predict yields and improve methods for growing new varieties of walnut in this region.

Key words: *Juglans regia* L.; phenospectrum; phenological phases; seasonal rhythms; vegetative organs; generative organs; growing season; phenology amplitude.

3. ЛІСОВІ КУЛЬТУРИ, ФІТОМЕЛІЮРАЦІЯ, 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/10.15421/412309>
Article received 2023.08.12
Article accepted 2023.11.23

ISSN 1991-606X print
ISSN 2616-5015 online
@ ✉ Correspondence author
Yaroslav Fuchylo
fuchylo_yar@ukr.net

v. Hamarnya, Malyn district, Zhytomyr region, 11643, Ukraine

УДК 630*2:630*18

Продуктивність енергетичних плантацій тополі на малогумусних чорноземах Правобережного Лісостепу України

Я.Д. Фучило¹, Я.О. Кирилко²

Наведено результати чотирирічних досліджень росту тополі сорту 'Robusta' в енергетичних плантаціях на малогумусних чорноземах Правобережного Лісостепу України, створених однорічними здерев'янілими живцями завдовжки 25 см і діаметром 0,8-1,0 см. Схеми садіння – 2,0 × 0,8 м та 2,0 × 0,9 м. Після першого року дерева на обох ділянках мали середню висоту 1,6 м. Впродовж другого року їхній приріст за висотою становив у рідшого варіанту 2,0±0,05 м, у густішого – 2,1±0,05 м. Впродовж третього вегетаційного періоду приріст за висотою становив відповідно 3,1 та 3,0 м, а середня висота рослин склала 6,8 та 6,6 м відповідно. За четвертий період вегетації приріст за висотою значно сповільнився (відповідно до 1,2 та 1,1 м) і середня висота чотирирічних насаджень становила 8,0±0,16 м у густішому варіанті та 7,7±0,22 м – у рідшому.

Наприкінці першого року вирощування діаметр на висоті 1,3 м був більшим у густішому варіанті (0,5 проти 0,3 см), але вже на наступний рік дерева за рідшого розміщення стали на 2 мм товщими. Подібна тенденція збереглася і на третій рік, коли середній діаметр дерев густішого варіанту становив 5,8 см, а рідшого – 6,2 см. На четвертий рік вирощування приріст за діаметром в обох насадженнях значно знизився (відповідно до 1,4 і 1,8 см) і їхній середній діаметр досяг 7,2±0,22 і 8,0±0,31 см відповідно.

Після трьох років вирощування плантації тополі, створеної живцями, на 1 га можна отримати 11,66-14,58 тонн сухої біомаси або 207,5-259,5 ГДж енергії. Після чотирьох років продуктивність таких плантацій різко зростає (від 25,78 до 29,94 т/га або від 458,8 до 532,8 ГДж/га). Суттєве збільшення продуктивності біомаси енергетичних плантацій тополі сорту 'Robusta' впродовж четвертого року вирощування вказує на доцільність застосування 5-7-річного терміну вирощування таких насаджень для отримання максимальної кількості біомаси.

Ключові слова: *Populus L.*; біоенергетика; сорт 'Robusta'; живці; живцеві саджанці; середня висота; середній діаметр; урожайність енергетичної біомаси.

¹ Фучило Ярослав Дмитрович – академік Лісівничої академії наук України, доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувач кафедри лісівництва та захисту лісу. Малинський фаховий коледж, с. Гамарня Коростенського району Житомирської обл., 11645, Україна. Тел.: +38-067-605-91-41. E-mail: fuchylo_yar@ukr.net ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2669-5176>

² Кирилко Ярослав Олегович – аспірант Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України, вул. Клінічна, 25, м. Київ, 03141, Україна. Тел.: +38-097-826-49-45. E-mail: yaroslavkirillko@i.ua ORCID: <http://orcid.org/0009-0006-6167-3788>

Вступ (Introduction). Виснаження покладів викопних енергоносіїв на фоні інтенсивного зростання світових потреб в енергії створюють передумови до необхідності пошуку альтернативних відновлюваних енергетичних джерел. Серед останніх одним із найперспективніших розглядається біомаса деревних рослин (El Bassam, 2010; Mann, 2012; Aylott et al., 2016; Dieter, 2016; Debrynyuk, 2017). З кожним роком використання деревини як джерела енергії інтенсивно зростає і, за прогнозами, зросте на 500 млн м³ до 2030 року (Dieter, 2016). Тополя, як найбільш швидкозростаюча деревна рослина помірного клімату, кращі насадження якої можуть продукувати до 20-25 т/га сухої біомаси у рік (Stoffel, 2008; Фучило та ін., 2009; Фучило, Літвін, Сбитна, 2012; Broeckx., Verlinden, & Ceulemans, 2012; Dieter, 2016), має значний потенціал не лише у лісовому господарстві, озелененні та фітомеліорації, але й у біоенергетиці для виробництва твердих видів палива (Mann, 2012; Василенко, Філіпова, Фучило, 2013). Широке використання тополі для отримання енергетичної біомаси перспективне також з огляду на те, що її вирощування в Європі має тривалу історію – воно розпочалося ще на початку 1600-х років (Stoffel, 2008).

Тополю вирощують у подібних ґрунтових умовах і за подібними технологіями, як і більш поширену в енергетичних плантаціях іншу породу – вербу (Mann, 2012; Volk et al., 2018), хоча існують певні відмінності у технологічних схемах вирощування їхньої біомаси. Основна відмінність полягає у тому, що тополі досягають максимального середньорічного приросту біомаси у віці 4-10 років, а верба – у віці 3-5 років (Keoleian, & Volk, 2005; Volk et al., 2018). У зв'язку з цим, в Італії відзначено тенденцію до поступового переходу від однорічної ротації енергетичних плантацій тополі (що більш характерно для вербових плантацій) до дворічного і триваліших циклів заготівлі біомаси. Зокрема ефективними вважаються середньо-ротаційні плантації тополі з періодичністю заготівлі біомаси в 5-6 років і густотою 1300-1700 рослин на 1 га (Spinelli, 2007). Використання середньо-ротаційної системи вирощування дає можливість отримати переваги стосовно можливості підвищення ефективності заготівлі та вищої концентрації біомаси, що дає змогу скоротити витрати на переміщення машин (Spinelli, Natti, Magagnotti, 2008, 2009). Також така система дає можливість створювати плантації тополі на помірно похилій місцевості, на якій важко або неможливо застосовувати традиційну сільськогосподарську техніку, але є можливість використовувати високомобільні лісозаготівельні машини під час збирання врожаю (Spinelli et al., 2008).

Мета досліджень полягала у встановленні особливостей росту середньо-ротаційної енергетичної плантації тополі сорту 'Robusta' в умовах Правобережного Лісостепу України на вилугуваних чорноземах впродовж перших чотирьох років.

Об'єкти та методика досліджень (Objects and methods). Об'єкт дослідження – технологічні

особливості вирощування тополі сорту 'Robusta' в 4-річних енергетичних плантаціях. **Предмет досліджень** – особливості росту і продуктивності енергетичних плантацій тополі сорту 'Robusta' на малогумусних чорноземах Правобережного Лісостепу України.

Дослідження особливостей вирощування енергетичних плантацій тополі були здійснені у 2019-2022 рр. у ДП ДГ «Саливківське» (с. Ксаверівка Друга Білоцерківського району Київської області). Для досліджень використано сорт 'Robusta'. Це високопродуктивний євроамериканський чоловічий гібрид осокора (*P. nigra* L. var. *plantierensis*) та дельтоподібної тополі (*P. deltoides* Marsch. ssp. *angulata* Henry), отриманий в 1865 р. у Франції в процесі природного запилення (Фучило та ін., 2012).

Ґрунт дослідної ділянки – вилугуваний чорнозем, що характеризується такими агрохімічними показниками: вміст гумусу (за Тюрнімом) – 3,90%, азоту лужногідролізованого (за Корнфільдом) – 176 мг/кг ґрунту, рухомих сполук фосфору та калію (за Чиріковим) – 108 і 67 мг/кг ґрунту відповідно, рН сольове – 6,2, сума ввібраних основ – 15,64 мг-екв/100 г ґрунту, гідролітична кислотність – 1,14 мг-екв/100 г ґрунту, ступінь насиченості основами – 93,2%.

Дослідне насадження було створене навесні 2019 р. садінням однорічних здерев'янілих неукорінених живців завдовжки 25 см і діаметром 0,8-1,0 см. Обробіток ґрунту – суцільний на глибину 25-30 см. Перед закладанням дослідів виконано передсадивну культивування на глибину 5-7 см. Удобрення ґрунту та полив насаджень не проводили. Запроектована схема розміщення садивних місць за двома варіантами: 2,0×0,8 м (густіший варіант) та 2,0×0,9 м (рідший варіант).

Через два тижні після садіння було виконано перше розпушування ґрунту зі знищенням бур'янів за допомогою культиватора. Виконання у першій половині вегетаційного періоду ще двох прополовань посприяло майже повному знищенню бур'янів. Для видалення бур'янів у рядках було застосовано ручне прополовання, що забезпечило високу укоріненість живців та інтенсивний ріст надземної частини саджанців.

Після завершення кожного вегетаційного періоду, за загальноприйнятими у рослинництві методиками досліджували збереженість рослин та їхні морфометричні показники (Фучило та ін., 2012; Фучило та ін., 2018).

Результати (Results). Після завершення першого вегетаційного періоду у густішому варіанті загинуло 27% живців, у рідшому – 24% (табл. 1).

Після другого року вирощування у густішому варіанті залишилося 4094 деревця (64,4% від їх початкової густоти), а на рідшому – 3004 шт. або 53,2%. Впродовж третього року вирощування збереженість рослин тополі зменшилася не суттєво (в обох варіантах – на 0,6%), а протягом четвертого – загинуло дерев не спостерігалось. Варто відзначити, що внаслідок інтенсивного росту дерев

тополі і повного затінення їхніми кронами поверхні ґрунту, на третій рік вирощування в досліджуваних насадженнях бур'яни майже повністю зникли.

Після першого року вирощування висота рослин тополі в обох варіантах була однаковою (табл. 2). Впродовж другого вегетаційного періоду приріст деревних рослин за висотою в обох варіантах відрізнявся слабо (2,1 та 2,0 м). Протягом третього вегетаційного періоду річний приріст за висотою суттєво збільшився, але також був подібним в обох

варіантах (3,1 та 3,0 м). Середня висота трирічних дерев в обох варіантах також відрізнялася слабо (6,8 та 6,6 м).

На четвертий рік приріст дерев за висотою значно сповільнився (відповідно до 1,2 та 1,1 м), проте середня висота чотирирічних насаджень в обох варіантах відрізнялася незначно (8,0 та 7,7 м).

Завдяки більшій площі живлення дерев у рідшому варіанті, їхній середній діаметр виявився дещо більшим, порівняно з густішим (табл. 3).

Таблиця 1. Приживлюваність живців і збережуваність рослин на чотирирічних плантаціях тополі сорту 'Robusta' на вилугуваних чорноземах

Table 1. Survival of cuttings and persistence of plants in four-year-old poplar plantations of the 'Robusta' variety on leached chernozems (black soils)

№ пробної площі	Кількість садивних місць, шт./га	Кількість рослин за роками, шт./га Приживлюваність (збережуваність), %			
		1 (2019 р.)	2 (2020 р.)	3 (2021 р.)	4 (2022 р.)
1	6342	$\frac{4631}{73,0}$	$\frac{4094}{64,6}$	$\frac{4060}{64,0}$	$\frac{4060}{64,0}$
2	5650	$\frac{4305}{76,2}$	$\frac{3004}{53,2}$	$\frac{2915}{51,6}$	$\frac{2915}{51,6}$

Таблиця 2. Динаміка середньої висоти рослин на чотирирічних плантаціях тополі сорту 'Robusta' на вилугуваних чорноземах

Table 2. Dynamics of average plant height of four-year-old poplar plantations of the 'Robusta' variety on leached chernozems

№ пробної площі	Кількість садивних місць, шт./га	Середня висота рослин за роками, м Річний приріст за висотою, м			
		1 (2019 р.)	2 (2020 р.)	3 (2021 р.)	4 (2022 р.)
1	6342	$\frac{1,6 \pm 0,03}{1,6}$	$\frac{3,7 \pm 0,06}{2,1}$	$\frac{6,8 \pm 0,09}{3,1}$	$\frac{8,0 \pm 0,16}{1,2}$
2	5650	$\frac{1,6 \pm 0,05}{1,6}$	$\frac{3,6 \pm 0,07}{2,0}$	$\frac{6,6 \pm 0,12}{3,0}$	$\frac{7,7 \pm 0,22}{1,1}$

Таблиця 3. Динаміка середнього діаметра рослин на чотирирічних плантаціях тополі сорту 'Robusta' на вилугуваних чорноземах

Table 3. Dynamics of the average diameter of plants in four-year-old plantations of poplar variety 'Robusta' on leached chernozems

№ пробної площі	Кількість садивних місць, шт./га	Середній діаметр (на вис. 1,3 м) рослин за роками, см Річний приріст за діаметром, см			
		1 (2019 р.)	2 (2020 р.)	3 (2021 р.)	4 (2022 р.)
1	6342	$\frac{0,5 \pm 0,02}{0,5}$	$\frac{2,9 \pm 0,08}{2,4}$	$\frac{5,8 \pm 0,14}{2,9}$	$\frac{7,2 \pm 0,22}{1,4}$
2	5650	$\frac{0,3 \pm 0,03}{0,3}$	$\frac{3,3 \pm 0,07}{3,0}$	$\frac{6,2 \pm 0,19}{2,9}$	$\frac{8,0 \pm 0,31}{1,8}$

Так, після першого року вегетації середній діаметр на висоті 1,3 м був на 0,2 см більшим у густішому варіанті, однак вже протягом наступного року

діаметр деревця у рідшому варіанті збільшився на 3,0 см, досягнувши значення 3,3 см, виявившись на 0,4 см більшим, ніж у дерев густішого насажден-

ня. Протягом третього вегетаційного періоду середній приріст за діаметром у дерев обох насаджень був однаковим (по 2,9 см), а середній діаметр становив 5,8 та 6,2 см відповідно. На четвертий рік вирощування приріст за діаметром у обох насаджень значно знизився (до 1,4 і 1,8 см), а їхній середній діаметр досягнув 7,2 і 8,0 см відповідно.

Внаслідок вищих показників діаметра дерев рідшого варіанта садіння, у них виявилася дещо біль-

шою маса середнього дерева, однак внаслідок меншої кількості особин їхня загальна продуктивність була меншою (табл. 4).

Також меншими у рідшому варіанті садіння виявилися показники виходу енергії з 1 га плантації. Після трьох років вирощування плантації тополі, створеної живцями, з 1 га можна отримати 11,66-14,58 тонн сухої біомаси, або 207,5-259,5 ГДж енергії.

Таблиця 4. Продуктивність та енергоємність плантації тополі сорту ‘Robusta’ на вилугуваних чорноземах

Table 4. Productivity and energy capacity of a ‘Robusta’ poplar plantation on leached chernozems

№ пробної площі	Кількість садивних місць, шт./га	Кількість дерев, шт./га	Сира маса одного дерева, кг	Вихід сирової біомаси, т/га	Вихід сухої біомаси, т/га	Вихід енергії, ГДж/га
У трирічному віці						
1	6342	4060	7,18	29,15	14,58	259,5
2	5650	2915	8,00	23,32	11,66	207,5
У чотирирічному віці						
1	6342	4060	14,75	59,89	29,94	532,8
2	5650	2915	17,69	51,57	25,78	458,8

Наприкінці четвертого року вирощування продуктивність досліджуваних тополевих плантацій була доволі високою (26-30 т/га сухої біомаси або 459-533 ГДж/га). Різке збільшення продуктування біомаси саме протягом четвертого року вказує на доцільність вирощування таких насаджень триваліший період часу, що дасть змогу отримати максимальну кількість біомаси.

Інтенсифікація процесу вирощування енергетичної біомаси тополі передбачає використання ефективних технологій та вивчення особливостей росту і продуктивності високопродуктивних сортів, удосконалення технологічних схем їхнього вирощування в різних кліматичних зонах України.

Дискусія (Discussion). Закладені досліді дали змогу вивчити деякі особливості росту і продуктивності середньо-ротаційних енергетичних плантацій тополі сорту ‘Robusta’, створених однорічними живцями, в умовах Центрального Лісостепу України на вилугуваних чорноземах впродовж перших чотирьох років культивування. Такий тип плантацій є доволі популярним в Італії (Spinelli, 2007). Вважають, що використання такої системи дає змогу суттєво скоротити витрати на весь комплекс робіт (Spinelli et al., 2008; Spinelli et al., 2009), а також поширити систему плантаційного вирощування на відносно незручні, для прискореного вирощування деревини, території (Spinelli et al., 2007). Аналіз літературних даних і результати власних досліджень підтверджують, що на різних ґрунтах, зокрема і на чорноземах, укоріненість живців тополі та ріст її насаджень суттєво залежать від сортових особливостей. Тому ефективність вирощування насаджень

тополі різного призначення значною мірою залежить від вибору певного сорту (Zalesny et al., 2006; Spinelli et al., 2009; Broeckx et al., 2012). Низкою досліджень встановлено, що клон ‘Robusta’ є одним із найперспективніших як для вирощування великомірної деревини, так і для отримання енергетичної біомаси в умовах Київського регіону (Фучило та ін., 2009; Фучило та ін., 2012).

Позитивні результати укорінення живців завдовжки 20-25 см в регіоні досліджень вказують на значну подібність загальних елементів технології вирощування тополі, які застосовують у різних регіонах північної півкулі. Зокрема, отримані результати корелюють з дослідженнями низки авторів (Zalesny et al., 2006; Zalesny, & Wiese, 2006; Broeckx et al., 2012), які акцентують увагу на доцільності використання живців тополі завдовжки 20 см.

Результати досліджень щодо термінів садіння вказують на можливість отримання позитивних результатів укорінення живців тополі та росту однорічних живцевих саджанців як за весняного, так і за осіннього садіння (Фучило та ін., 2009; Фучило та ін., 2012), що підтверджуються також дослідженнями в інших регіонах (Mann, 2012; Volk et al., 2018).

Представлені у цій статті результати досліджень щодо інтенсивного нагромадження біомаси насадженнями тополі сорту ‘Robusta’ на четвертий рік корелюють з даними інших дослідників, які вважають, що плантації тополі максимального середньорічного приросту біомаси досягають у віці 4-10 років (Keoleian, & Volk, 2005; Volk et al., 2018). Для кожного регіону цей вік потрібно уточнювати, що

підтверджує актуальність вивчення цього питання, зокрема – на малогумусних чорноземах Правобережного Лісостепу.

Висновки (Conclusions). Підвищення інтенсивності вирощування енергетичної біомаси тополі передбачає використання ефективних технологій та результатів досліджень особливостей росту і продуктивності її швидкозрослих сортів, удосконалення технологічних схем їх вирощування у різних кліматичних зонах України.

Дослідження чотирирічної енергетичної плантації тополі сорту 'Robusta', створеної однорічними здерев'янілими живцями на вилугуваних ґрунтах Правобережного Лісостепу за розміщення садивних місць $2,0 \times 0,8$ м показало, що на трирічній плантації з 1 га можна отримати 11,66-14,58 тонн сухої біомаси або 207,5-259,5 ГДж енергії. Після чотирьох років культивування продуктивність таких плантацій різко зростає (до 25,78-29,94 т/га або 458,8-532,8 ГДж/га).

Вивчення особливостей росту насаджень тополі сорту 'Robusta' доцільно продовжити для встановлення оптимального періоду ротації таких плантацій, який за попередніми підрахунками може становити 5-7 років.

Список літератури (References)

- Василенко, І. Д., Філіпова, Л. М., Фучило, Я. Д. (2013). Боротьба з омелою на деревах тополі у зеленій зоні Білої Церкви. *Науковий вісник НЛТУ України*, 23.12, 31-38 [Vasylenko, I. D., Filipova, L. M., & Fuchylo, Y. D. (2013). Fighting mistletoe on poplar trees in the green zone of Bila Tserkva. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 23.12, 31-38. Retrieved from https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2013/23_12/index.htm]
- Фучило, Я. Д., Літвін, В. М., Сбитна, М. В. (2012). Біологічні, екологічні та технологічні аспекти плантаційного вирощування тополі в умовах Київського Полісся. Київ: Логос [Fuchylo Ya. D., Litvin, V. M. & Sbytina, M. V. (2012). *Biological, ecological and technological aspects of poplar plantation cultivation in the conditions of the Kyiv Polissya*. Kyiv: Logos] (in Ukrainian)
- Фучило, Я. Д., Сбитна, М. В., Фучило, О. Я., Літвін, В. М. (2009). Досвід та перспективи вирощування тополі (*Populus* sp. L.) у Південному Степу України. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 7, 66-69 [Fuchylo Ya. D., Sbytina, M. V., Fuchylo, O. Ya. & Litvin, V. M. (2009). Experience and prospects of growing poplar (*Populus* sp. L.) in the Southern Steppe of Ukraine. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 7, 66-69. Retrieved from <http://fasu.nltu.edu.ua/index.php/nplanu/article/view/493>] (in Ukrainian)
- Фучило, Я. Д., Сінченко, В. М., Ганженко, О. М., Гументик, М. Я., Пиркін, В. І., Присяжнюк, О. І., ... Ткаченко, А. М. (2018). *Методологія дослідження енергетичних плантацій верб і тополь*. Київ: Компрінт [Fuchylo, Y. D., Sinchenko, V. M., Hanzhenko, O. M., Humentyk, M. Y., Pyrkin, V. I., Prysiazhniuk, O. I., ... Tkachenko, A. M. (2018). *The methodology of the study of willow and poplar energy plantations*. Kyiv: Komprint] (in Ukrainian)
- Aylott, M. J., Casella, E., Tubby, I., Street, N. R., Smith, P., & Taylor, G. (2008). Yield and spatial supply of bioenergy poplar and willow short-cutting cycle coppice in the UK. *New Phytologist*, 178(2), 358-370. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2008.02396.x>
- Broeckx, L. S., Verlinden, M. S., & Ceulemans, R. (2012). Establishment and two-year growth of a bio-energy plantation with fast-growing *Populus* trees in Flanders (Belgium): effects of genotype and former land use. *Biomass and Bioenergy*, 42, 151-163. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2012.03.005>
- Debrynyuk, Yu. M. (2017). Plantation Forestry and energy plantations in Ukraine: resource potential and development prospects. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 27(8), 45-51. <https://doi.org/10.15421/40270806>
- Dieter, M. (2016). *Poplars and Other Fast-Growing Trees – Renewable Resources for Future Green Economies*. 25th Session of the International Poplar Commission: Working Paper IPC/15 (Berlin, 13-16 Sept. 2016). Rome: FAO
- El Bassam, N. (2010). *Handbook of Bioenergy Crops. A Complete Reference to Species, Development and Applications*. London; Washington, DC: Earthscan
- Keoleian, G. A., & Volk, T. A. (2005). Renewable Energy from Willow Biomass Crops: Life Cycle Energy, Environmental and Economic Performance. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 24, 385-406.
- Mann, J. (2012). *Comparison of Yield, Calorific Value and Ash Content in Woody and Herbaceous Biomass used for Bioenergy Production in Southern Ontario, Canada: A Thesis Presented to the University of Guelph*. Guelph, Ontario. URL: <https://atrium.lib.uoguelph.ca/xmlui/bitstream/handle/10214/3959/Mann%20Thesis%20Defense%20Revised%20.pdf?sequence=1>
- Spinelli, R. (2007). Short rotation coppice production in Italy. *Bornimer Agrartechnische Berichte*, 61, 158-167.
- Spinelli, R., Natti, C., & Magagnotti, N. (2008). Harvesting short-rotation poplar plantations for biomass production. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 29.2, 129-139. Retrieved from <https://crojfe.com/site/assets/files/3872/03-spinelli.pdf>
- Spinelli, R., Natti, C., & Magagnotti, N. (2009). Using modified foragers to harvest short-rotation poplar plantations. *Biomass and Bioenergy*, 33.5, 817-821. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2009.01.001>
- Stoffel, R. (2008). *Short rotation woody crops – Hybrid poplar*. URL: https://www.forestry.umn.edu/sites/forestry.umn.edu/files/cfans_asset_356341.pdf
- Volk, T. A., Berguson, B., Daly, C., Halbleib, M. D., Miller, L., Rials, T. G., ... Wright, J. (2018). Poplar

and shrub willow energy crops in the United States: field trial results from the multiyear regional feedstock partnership and yield potential maps based on the PRISM-ELM model. *Global Change Biology Bioenergy*, 10(10), 735-751. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12498>

Zalesny, R., Hall, R., Bauer, E. & Riemenschneider D. (2006). Shoot Position Affects Root Initiation and Growth of Dormant Unrooted Cuttings of *Populus*. *Silvae Genetica*, 52(5), 273-279. Retrieved from <https://www.semanticscholar.org/paper/Shoot-position-affects-root-initiation-and-growth-Zalesny-Hall/218dd9a8d8f70e386a62769ddd3e60d34591f3f2>

Zalesny, S., & Wiese, A. (2006). Date of Shoot Collection, Genotype, and Original Shoot Position Affect Early Rooting of Dormant Hardwood Cuttings of *Populus*. *Silvae Genetica*, 55(4-5), 169-182. <https://doi.org/10.1515/sg-2006-0024>

Productivity of poplar energy plantations on low-humus chernozems (black soils) of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine

Ya. Fuchylo¹, Ya. Kirillko²

Depletion of fossil energy deposits against the background of intense growth of the world's energy needs creates prerequisites for searching alternative renewable energy sources, among which the biomass of woody plants is considered one of the most promising.

The purpose of the studies was to determine the growth characteristics of a medium-rotation energy plantation of poplar variety 'Robusta' in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine on leached chernozems during the first four years. The plantation was established with one-year-old lignified cuttings 25 cm long and 0.8-1.0 cm in diameter in two density

variants. Planting spacing – 2.0 × 0.8 m and 2.0 × 0.9 m. After the first year, trees at both sites averaged 1.6 m in height.

During the second year, their height increment was 2.0 ± 0.05 m for the plantation variant of wider spacing and 2.1 ± 0.05 m for the denser one. During the third growing season, the height increment was 3.1 and 3.0 m, respectively, and the average height of the plants was 6.8 and 6.6 m, respectively. During the fourth growing season, the height increment slowed down significantly (to 1.2 and 1.1 m, respectively) and the average height of four-year-old plantations was 8.0 ± 0.16 m in the variant of denser spacing and 7.7 ± 0.22 m in the variant of wider spacing.

At the end of the first year of cultivation, the diameter of the stems at a height of 1.3 m (diameter at breast height) was greater in the denser spacing (0.5 versus 0.3 cm), but already during the next year, the trees became 2 mm thicker in the variant of less dense spacing. A similar trend persisted in the third year, when the average diameter of trees of the denser variant was 5.8 cm, and that of the variant of wider spacing – 6.2 cm. In the fourth year of cultivation, the diameter increment in both plantations decreased significantly (to 1.4 and 1.8 cm, respectively) and their average diameter reached 7.2 ± 0.22 and 8.0 ± 0.31 cm, respectively.

After three years of cultivating a poplar plantation created by cuttings, 11.66-14.58 tons of dry biomass, or 207.5-259.5 GJ of energy can be obtained per hectare. After four years, the productivity of such plantations increases sharply (from 25.78 to 29.94 t/ha, or from 458.8 to 532.8 GJ/ha). A significant increase in the biomass yield of energy plantations of poplar variety 'Robusta' during the fourth year of cultivation indicates the advisability of using a 5-7-year period of cultivation of such plantations to obtain the maximum amount of biomass.

The positive results of rooting cuttings 20-25 cm long in the study region indicate the similarity of the general elements of poplar cultivation technology, which are used in different regions of the northern hemisphere. The results obtained correlate with the studies of other authors, who focus on the advisability of using poplar cuttings 20 cm long.

The results of studies on planting time indicate the possibility of obtaining positive results from the rooting of poplar cuttings and a good growth of one-year-old rooted cuttings both during spring and autumn planting.

Key words: *Populus* L.; bioenergetics; variety 'Robusta'; cuttings; rooted cuttings; average height; average diameter; yield of energetic biomass.

¹ Yaroslav Fuchylo – Full Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Forestry and Forest Protection of Malyn Forestry College. Chief Scientist at the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet, National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, 25 Clinical st., Kyiv, 03141, Ukraine. Tel.: +38-067-605-91-41. E-mail: fuchylo_yar@ukr.net ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2669-51762>

² Yaroslav Kirillko – a post-graduate student the Institute of Bioenergy Cultures and Sugar Beet of the National Academy of Sciences of Ukraine, 25 Clinical st., Kyiv, 03141, Ukraine. Tel.: +38-097-826-49-45. E-mail: yaroslavkirillko@i.ua ORCID: <http://orcid.org/0009-0006-6167-3788>

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/10.15421/412310>
Article received 2023.07.22
Article accepted 2023.11.23

ISSN 1991-606X print
ISSN 2616-5015 online
@ ✉ Correspondence author
Petro Lakyda
petro.lakyda@ukr.net
6 Bolsunovska st., Kyiv, 01601, Ukraine

УДК 630*56:582

Ресурсний потенціал та структура клейковільхових деревостанів Українського Полісся

П. І. Лакида¹, В. О. Смолін²

Стале та раціональне використання лісових ресурсів в умовах переходу лісової галузі України на європейські стандарти і ринкові засади управління потребує системного опрацювання відповідного нормативно-інформаційного забезпечення для оцінювання деревних ресурсів основних лісотвірних видів країни. При цьому інформація про розмірно-якісну структуру запасу насаджень, які відводяться в рубку, має чи не найважливіше значення у плануванні діяльності лісгосподарського виробництва.

Реалізація цього завдання потребує актуального оцінювання запасів деревостанів за основними таксаційними ознаками. З цією метою проаналізовано структуру основних таксаційних показників деревостанів вільхи клейкої Українського Полісся за даними повидільної бази даних ВО «Укрдержліспроект» станом на 01.01.2011 року. Оцінено ресурсний потенціал деревостанів, придатних до експлуатації, проаналізовано його складові у межах лісового фонду адміністративних областей досліджуваної зони. Встановлено, що вікова структура деревостанів знаходиться в діапазоні 43-50 років, що свідчить про достатній потенціал товарної деревини вільхи клейкої із середнім запасом деревини від 152 м³·га⁻¹ на Рівненщині до 189 м³·га⁻¹ на Київщині. Для досліджуваної категорії деревостанів характерні середні відносні повноти (0,70) та доволі високі класи бонітету (І,8). Понад 80,0% деревостанів мають паросткове походження. Вікова структура лісів регіону нерівномірна з істотним переважанням середньовікових деревостанів. Деревоستاني вільхи клейкої ростуть практично в усіх типах лісорослинних умов Українського Полісся домінуючи, однак, у сугрудових умовах (87,6%), з них 77,6% – у сирому гігروتоні.

Досліджувана категорія насаджень становить вагомую частку у лісресурсному потенціалі лісового фонду України і потребує опрацювання сучасного нормативно-інформаційного забезпечення для оцінювання кількісних і якісних параметрів дерев і деревостанів.

Ключові слова: лісотвірний деревний вид; вільха клейка; деревостан; продуктивність; походження; вікова структура; запас; бонітет; повнота; тип лісорослинних умов.

¹ Лакида Петро Іванович – академік Лісівничої академії наук України, Перший віце-президент ЛАН України, доктор сільськогосподарських наук, Заслужений діяч науки і техніки України, менеджер інноваційного розвитку ДП «Ліси України», вул. Болсуновська, 6, Київ, 01601, Україна. Тел.: +380-67-462-80-43. E-mail: petro.lakyda@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3639-2969>

² Смолін Віталій Олександрович – аспірант. Національний університет біоресурсів і природокористування України, вул. Героїв оборони, 15, Київ, 01040, Україна. Тел.: +380-67-500-80-87. E-mail: smolin.vitaliy@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5600-4359>

Вступ (Introduction). Ведення лісового господарства на засадах сталості і ринкових відносин, адаптація його нормативної бази до європейських стандартів вимагає від українських науковців і практиків отримання об'єктивної інформації про ресурсний потенціал лісів держави та прогнозування щодо його раціонального використання (Кашпор, 1999; Поляков О. В., Поляков М. О., 2009; Збірник..., 2019). Цей аспект потребує детального аналізу параметричної структури основних таксаційних показників деревостанів головних лісотвірних видів.

Одним із цінних деревних видів, який займає специфічну екологічну нішу у лісах України, є вільха клейка (чорна) (*Alnus glutinosa* (L.) Gaerth) (Давидов, 1976, 1979; Лакида та ін., 2019). Вона є основним лісотвірним деревним видом у сирих і мокрих сугрудах і грудах, її деревостани виконують важливу охоронно-водорегульовальну та ландшафтоутворювальну функцію. Поширена майже по всій території України, особливо у північному Поліссі, менше – у Лісостепу, Малому Поліссі, рідко трапляється в Степу, здебільшого росте берегами великих річок, біля гирла Дністра, у плавнях Бугу і Дніпра та на березі Дніпровського лиману. У Карпатах і гірському Криму вільшняки трапляються епізодично (Поварничин, 1959; Маринич, 1962; Остапенко, Федець, Улановський, 1978; Пастернак та ін., 1980; Генсірук, Нижник, Копій, 1998; Генсірук, 1981, 2002; Байрак, 2014; Папіш та ін., 2016).

В Українському Поліссі вільха клейка росте практично на всій території. Найсприятливішими умовами зростання для вільшняків є зволожені ділянки у заплавах річок і понижені місця водорозділів з дерново-підзолистоглеєвими ґрунтами. Це практично єдина порода, яка здатна в умовах надмірного зволоження, і навіть на болоті, формувати високопродуктивні деревостани. Найбільше клейковільхові деревостани поширені в Західному Поліссі (Генсірук та ін., 1998). Цей аспект пов'язаний з характерною особливістю лісів Полісся – їх заболоченістю, що істотно впливає на склад і продуктивність деревостанів (у північних районах заболочено до 40% території) (Григора та ін., 1998).

Завдяки специфічним біологічним та екологічним властивостям (швидкоростлості, інтенсивному синтезу органічної речовини, киснепродуктивності) вільха клейка є надзвичайно цінним деревним видом у реалізації низки екологічних проблем (Блищик, Лакида, 2006; Лакида та ін., 2019; Uri et al., 2014).

Мета роботи – дослідити ресурси деревостанів вільхи клейкої з можливістю їх сталого використання, оцінювання їх кількісних та якісних параметрів та майбутнім опрацюванням коректного нормативно-інформаційного забезпечення, адаптованого до європейських стандартів.

Об'єкти та методика дослідження (Objects and methods). Об'єкт дослідження – процеси нагромадження та динаміки стовбурового запасу деревостанів вільхи клейкої за основними таксаційними ознаками в лісах Українського Полісся. Пред-

мет дослідження – стан і таксаційна структура площі і запасів клейковільхових деревостанів у межах адміністративних областей зони Українського Полісся.

Для оцінювання ресурсного потенціалу клейковільхових лісів Українського Полісся та можливості їх сталого використання важливим є аналіз таксаційної структури деревостанів за основними таксаційними ознаками – походженням, віком, продуктивністю за класами бонітету, відносною повнотою і типами лісорослинних умов (Орлов, 1925; Гром, 2005; Bontemps, & Bouriaud, 2013). При цьому використано таксаційну повидільну базу даних обліку лісів України станом на 01.01.2011 року, як єдино доступну на сьогодні за відсутності цілісної системи статистичної інвентаризації лісів держави (Васькевич, 2010; Довідник..., 2012). При цьому варто зазначити, що до аналізу таксаційних ознак відбирали виділи, у складі насаджень яких вільха клейка становить 3 і більше одиниць.

Результати (Results). За даними обліку лісового фонду України вільха клейка, як головний лісотвірний вид, росте на площі 392,1 тис. га, що становить 4,2% від ділянок державного лісового фонду країни. У межах м'яколистяних насаджень на вільху клейку припадає 11,6% від загальної площі вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок (Швиденко та ін., 1987; Довідник..., 2012).

Однією з основних ознак, що характеризує ресурсний потенціал клейковільхових лісів Українського Полісся (північна частина без зони Малого Полісся) з можливістю його раціонального використання, є розподіл площі виділів за адміністративними областями (табл. 1).

Таблиця 1. Загальна площа і частка виділів зі складом вільхи клейкої 3 і більше одиниць

Table 1. The total area and share of subcompartments with the composition of black alder of 3 or more units

Область	Площа, га	Частка, %
Волинська	141486,3	36,1
Рівненська	77450,9	19,8
Житомирська	86871,1	22,1
Київська	26904,7	6,9
Чернігівська	53597,8	13,6
Сумська	5755,1	1,5
Разом	392065,9	100,0

За результатами досліджень, найбільші площі клейковільхових деревостанів локалізовані у західній і північно-західній частинах Українського Полісся (78,0%) з найбільшим поширенням їх на Волині (36,1%), що зумовлено ґрунтово-кліматичними умовами зростання.

Надзвичайно інформативними даними, що характеризують лісовий фонд досліджуваного деревного виду для прогнозування потенційних можливостей сталого використання деревного ресурсу без втрат екологічних і соціальних функцій цієї категорії лісів, є середні таксаційні показники деревостанів (Гром, 2005; Копій та ін., 2013). Агреговані дані середніх таксаційних показників клейковільхових деревостанів за результатами повидільної оцінки таксаційної бази даних наведено у табл. 2. Варто зазначити, що структура середніх таксаційних показників клейковільхових деревостанів Українського Полісся в межах адміністративних областей є досить стабільною. Вікова структура деревостанів знаходиться в діапазоні 43-50 років, що свідчить про істотний перспективний потенціал товарної деревини вільхи клейкої (у віці рубки головного користування 61-70 років). Щодо середніх запасів

деревини, то вони змінюються від 152 м³·га⁻¹ на Рівненщині до 189 м³·га⁻¹ на Київщині, що також зумовлено природно-кліматичними умовами зростання та віковою структурою деревостанів. Варто зазначити, що для досліджуваної категорії деревостанів характерні середні відносні повноти (в межах 0,70) та досить високі класи бонітету (в середньому І,8).

Істотний вплив на продуктивність і довговічність деревостанів, а також терміни проведення головного користування, які б забезпечували високу якість деревини, має їх походження. Враховуючи частково заболочені умови зростання вільхи клейкої (Григора та ін., 1998) та її потужну коренепаросткову здатність до відновлення, в усіх досліджуваних адміністративних областях зони Полісся переважають насадження вегетативного походження (від 79,0% у Київській до 85,5% у Рівненській області) (табл. 3).

Таблиця 2. Середні таксаційні показники клейковільхових деревостанів

Table 2. Average mensurational indicators of black alder stands

Область	Площа вкритих лісовою рослинністю ділянок, га	Середні					
		вік, років	висота, м	діаметр, см	запас, м ³ ·га ⁻¹	повнота	бонітет
Волинська	141486	43,6	16,1	19,0	157,0	0,70	І,9
Рівненська	77434	43,6	16,3	18,4	152,4	0,67	І,9
Житомирська	86871	47,4	17,5	19,7	174,1	0,69	І,7
Київська	26905	49,8	17,9	21,0	189,1	0,72	І,8
Чернігівська	53560	46,5	17,9	20,6	184,7	0,70	І,5
Сумська	5755	44,7	17,1	19,4	166,2	0,67	І,7

Таблиця 3. Розподіл площі клейковільхових деревостанів та їх частки за походженням

Table 3. Distribution of the area of black alder stands and their share by origin

Область	Походження						Разом площа, га частка, %
	насіenne природне		насіenne штучне		вегетативне		
	площа, га частка в межах області, %	частка в межах регіону, %	площа, га частка в межах області, %	частка в межах регіону, %	площа, га частка в межах області, %	частка в межах регіону, %	
Волинська	<u>15861,4</u> 11,2	42,7	<u>7433,7</u> 5,3	25,7	<u>118191,2</u> 83,5	36,3	<u>141486,3</u> 100,0
Рівненська	<u>7446,5</u> 9,6	20,0	<u>3825,2</u> 4,9	13,2	<u>66179,2</u> 85,5	20,3	<u>77450,9</u> 100,0
Житомирська	<u>6262,7</u> 7,2	16,8	<u>7949,8</u> 9,2	27,4	<u>72658,6</u> 83,6	22,3	<u>86871,1</u> 100,0
Київська	<u>4659,4</u> 17,3	12,5	<u>1003,5</u> 3,7	3,5	<u>21241,8</u> 79,0	6,5	<u>26904,7</u> 100,0
Чернігівська	<u>2326,6</u> 4,3	6,3	<u>8418,4</u> 15,7	29,1	<u>42852,8</u> 80,0	13,1	<u>53597,8</u> 100,0
Сумська	<u>621,4</u> 10,8	1,7	<u>331,7</u> 5,8	1,1	<u>4802</u> 83,4	1,5	<u>5755,1</u> 100,0
Разом	<u>37178,0</u> 9,5	100,00	<u>28962,3</u> 7,4	100,00	<u>325925,6</u> 83,1	100,0	<u>392065,9</u> 100,0

Варто зазначити, що як природне, так і штучне насінне походження клейковільхових деревостанів у досліджуваному регіоні становить майже 20,0%. Найбільше культур вільхи клейкої створено на Чернігівщині (15,7%), а найменше – на Київщині (3,7%). Усе це зумовлено надзвичайно високою здатністю деревного виду відновлюватись за допомогою кореневих і попневих паростків. Хоча за певних умов, за відсутності вільхового підросту, на відповідних лісотипологічних ділян-

ках деревостани відновлюють створенням лісових культур.

Для оцінювання ресурсного потенціалу деревостанів кожного деревного виду актуальним є аналіз їхньої вікової структури (табл. 4).

Отже, найбільші площі вільхи клейкої в межах адміністративних областей характерні для середньовікових деревостанів. Особливо чітко цю тенденцію простежено у відсотковому співвідношенні вікової структури цієї категорії насаджень (рис. 1).

Таблиця 4. Розподіл площі клейковільхових деревостанів за групами віку

Table 4. Distribution of the area of black alder stands by year classes

Область	Площа за групами віку, га					Разом
	молодняки	середньовікові	пристиглі	стиглі	перестійні	
Волинська	20231,0	74159,1	30862,2	14879,9	1354,1	141486,3
Рівненська	10340,4	36142,1	16463,6	13169,7	1335,1	77450,9
Житомирська	8782,5	39199,5	22806,9	13932,4	2149,8	86871,1
Київська	2010,0	12507,4	5405	6120,6	861,7	26904,7
Чернігівська	6562,7	25064,1	10744,7	10419,8	806,5	53597,8
Сумська	529,5	3257,2	1033,0	842,2	93,2	5755,1
Разом	48456,1	190329,4	87315,4	59364,6	6600,4	392065,9

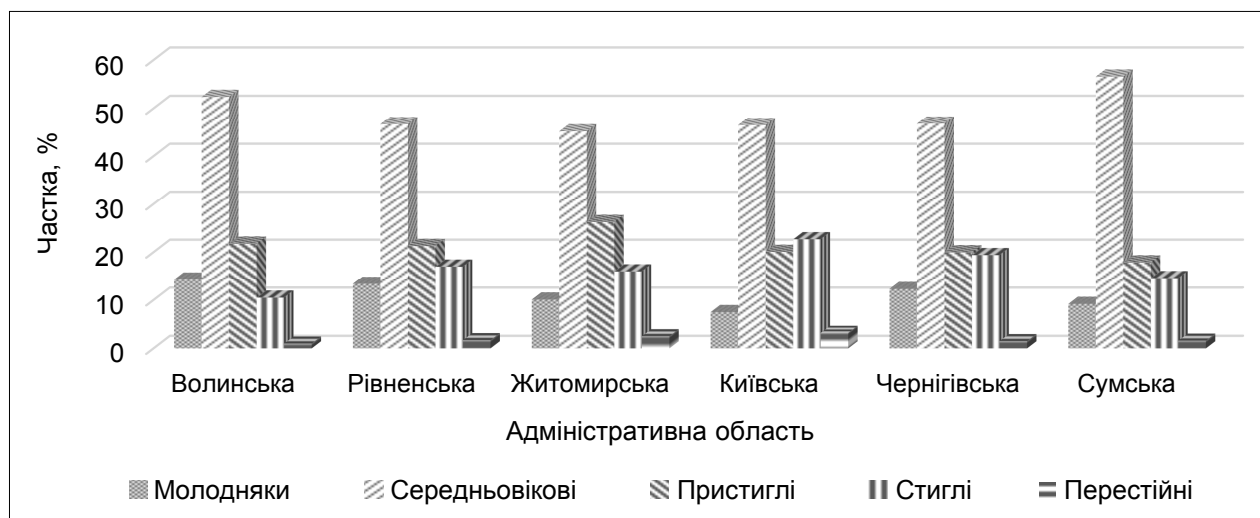


Рис. 1. Розподіл частки від площі клейковільхових деревостанів за групами віку в межах адміністративних областей

Fig. 1. Distribution of the share of the area of black alder stands by year classes within administrative regions

Згідно з наведеними даними (див. рис. 1) варто зазначити, що вікова структура досліджуваної категорії деревостанів як у межах адміністративних областей, так і в межах Українського Полісся загалом не є рівномірною та оптимальною. Адже істотне переважання середньовікових деревостанів, порівняно з іншими віковими категоріями, не сприятиме тривалому рівномірному лісокористуванню і лісовідновленню. Таку ситуацію потрібно корегувати збільшенням розрахункової лісосіки за рахунок пристиглих і навіть середньовікових дерево-

станів або зниженням на клас віку рубки головного користування, що сприятиме певному вирівнюванню вікової структури деревостанів у майбутньому та сталому веденню господарства.

Обсяги заготівлі товарної деревини з кожної лісової ділянки, відведеної у головне користування, істотно залежать від її продуктивності, що оцінюють класом бонітету (Гром, 2005; Nothdurft et al., 2012). Дані з розподілу площі деревостанів вільхи клейкої за класами бонітету наведено у табл. 5, а їх відсоткову частку унаочнено на рис. 2.

Таблиця 5. Розподіл площі клейковільхових деревостанів за класами бонітету
 Table 5. Distribution of the area of black alder stands by site classes

Область	Площа насаджень класу бонітету, га						Разом
	I ^b і вище	I ^a	I	II	III	IV і нижче	
Волинська	1246,2	5769,4	24668,5	74655,2	31288,4	3858,6	141486,3
Рівненська	655,3	3494,3	15183,0	41599,3	13612,0	2907,0	77450,9
Житомирська	1400,7	4631,3	19290,6	48772,1	11490,9	1285,5	86871,1
Київська	353,9	1224	5857,6	14798,0	4250,7	420,5	26904,7
Чернігівська	2220,9	4293,6	14556,8	27070,7	4768,4	687,4	53597,8
Сумська	88,8	470,7	1572,1	2510,5	800,0	313,0	5755,1
Разом	5965,8	19883,3	81128,6	209405,8	66210,4	9472,0	392065,9

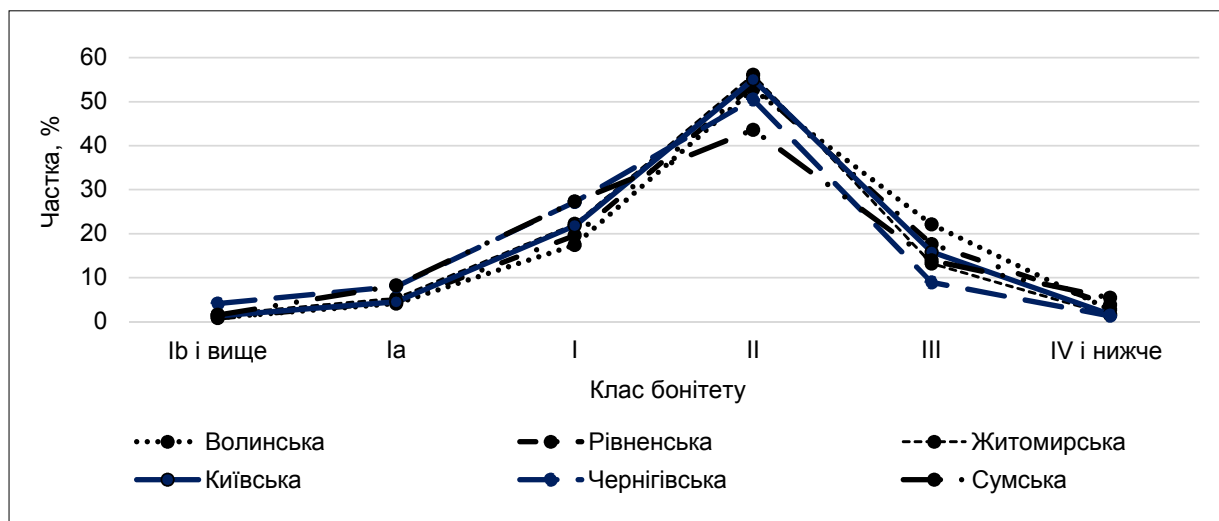


Рис. 2. Розподіл частки від площі клейковільхових деревостанів за класами бонітету в межах адміністративних областей

Fig. 2. Distribution of the share of the black alder stands area by site classes within administrative regions

За даними табл. 5 та рис. 2 можна узагальнити, що деревостани вільхи клейкої в Українському Поліссі є високопродуктивними. Для всіх досліджуваних областей середній клас бонітету вільхових насаджень становить II, а частка площі деревостанів II бонітету і вище – 80,7%. Варто відзначити зональну тенденцію до збільшення продуктивності досліджуваної категорії вільшаників із заходу на схід. Так, частка площі деревостанів I класу бонітету у Волинській області становить 17,4%, відповідно зростає за напрямком на схід, й у Сумській області є найвищою (27,3%).

Ще однією важливою таксаційною ознакою, яка істотно впливає на запаси деревини на ділянці, є відносна повнота деревостану. Аналіз розподілу площі клейковільхових деревостанів за повнотами в межах адміністративних областей Українського Полісся та їх частки наведено в табл. 6 та на рис. 3.

За наведеними даними, у досліджуваному регіоні домінують середньоповнотні деревостани з від-

носною повнотою 0,7 (43,0%), однак їхня диференціація для областей істотно відрізняється. Так, для деревостанів вільхи клейкої у Волинській та Київській областях характерні вищі повноти, де частка середньо- та високоповнотних насаджень (повнота 0,7 і вище) становить 63,4 і 66,4% відповідно. Дещо нижчі повноти встановлено у Сумській та Рівненській областях, де частка насаджень з повнотою 0,7 і вище становить 47,9 та 50,3% відповідно.

Загалом для досліджуваного регіону частка деревостанів з повнотою 0,7 і вище становить 59,0%, що свідчить про певні резерви щодо збільшення повноти цієї категорії деревостанів. Продуктивність деревостанів істотно залежить від ґрунтово-кліматичних умов, в яких вони ростуть. Відомо, що деревостани вільхи клейкої переважно ростуть у сугрудових типах лісорослинних умов, вологих та сирих гігротобах, зазвичай, з проточною вологою (Григора та ін., 1998). У табл. 7 наведено дані щодо розподілу площі досліджуваних деревостанів за п'ятьма типами лісорослинних умов.

Таблиця 6. Розподіл площі та частки клейковільхових деревостанів за відносними повнотами
Table 6. Distribution of the area and share of black alder stands by relative densities

Область	Площа за повнотою, га / частка, %						Разом
	0,4 і нижче	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9 і вище	
Волинська	<u>2208,2</u> 1,6	<u>11810,8</u> 8,3	<u>37718,1</u> 26,7	<u>66683</u> 47,1	<u>20697,5</u> 14,6	<u>2368,7</u> 1,7	<u>141486,3</u> 100,0
Рівненська	<u>3138,7</u> 4,1	<u>11118,3</u> 14,4	<u>24273,3</u> 31,3	<u>30104,7</u> 38,9	<u>7921,9</u> 10,2	<u>894</u> 1,2	<u>77450,9</u> 100,0
Житомирська	<u>2247,1</u> 2,6	<u>10022,3</u> 11,5	<u>24748,2</u> 28,5	<u>34301,6</u> 39,5	<u>13529</u> 15,6	<u>2022,9</u> 2,3	<u>86871,1</u> 100,0
Київська	<u>420,5</u> 1,6	<u>1806</u> 6,7	<u>6795,3</u> 25,3	<u>12869,6</u> 47,8	<u>4451</u> 16,5	<u>562,3</u> 2,1	<u>26904,7</u> 100,0
Чернігівська	<u>982</u> 1,8	<u>4728,6</u> 8,8	<u>15832,4</u> 29,5	<u>22424,8</u> 41,8	<u>8618,8</u> 16,1	<u>1011,2</u> 1,9	<u>53597,8</u> 100,0
Сумська	<u>161,3</u> 2,8	<u>923,6</u> 16,0	<u>1918</u> 33,3	<u>2065,3</u> 35,9	<u>602,1</u> 10,5	<u>84,8</u> 1,5	<u>5755,1</u> 100,0
Разом	<u>9157,8</u> 2,3	<u>40409,6</u> 10,3	<u>111285,3</u> 28,4	<u>168449,0</u> 43,0	<u>55820,3</u> 14,2	<u>6943,9</u> 1,8	<u>392065,9</u> 100,0

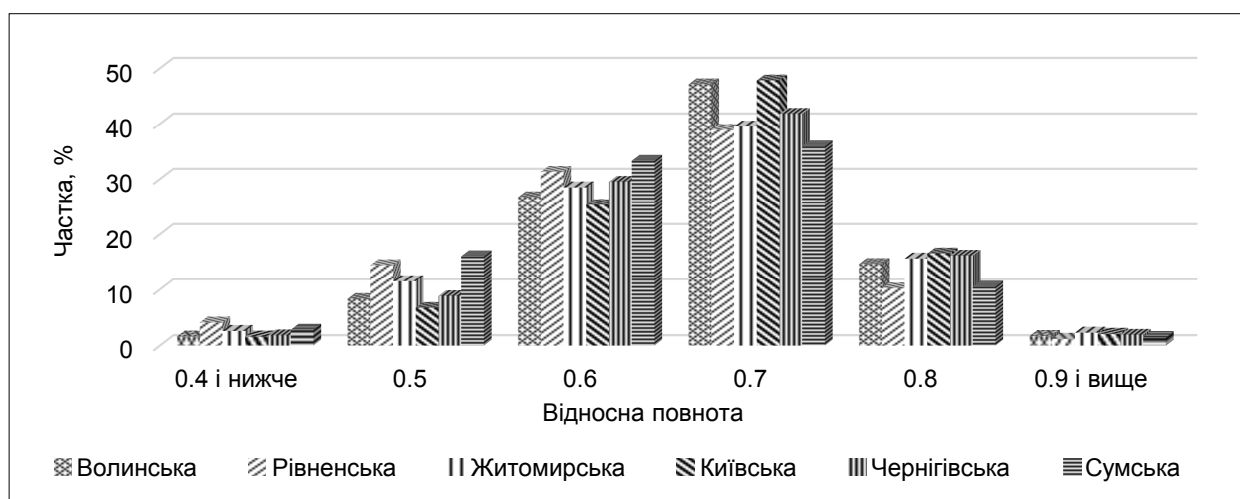


Рис. 3. Розподіл частки від площі клейковільхових деревостанів за відносними повнотами в межах адміністративних областей

Fig. 3. Distribution of the share of the area of black alder stands by relative densities within administrative regions

Таблиця 7. Розподіл площі клейковільхових деревостанів за типами лісорослинних умов, га
Table 7. Distribution of the area of black alder stands by types of forest growth conditions, ha

Гігротоп	Адміністративна область						Разом
	Волинська	Рівненська	Житомирська	Київська	Чернігівська	Сумська	
Бори (0,1%)							
1	2	3	4	5	6	7	8
Свіжі	5,9	16,9	12,7	9,5	2	—	47
Вологі	55,8	59,7	88,8	16,7	4,4	—	225,4
Сирі	14	50	16,4	—	—	—	80,4
Мокрі	2,8	13,6	4,5	—	—	—	25,8
Разом	78,5	140,2	122,4	26,2	11,3	0	378,6

Продовж. табл. 7
Continuation of Table 7

1	2	3	4	5	6	7	8
Субори (10,1%)							
Сухі	–	–	1,5	–	–	–	1,5
Свіжі	440,8	113,1	683,3	142,5	292,1	70,6	1742,4
Вологі	5357,5	3799,4	7833,1	2036,8	2263,2	132,7	21422,7
Сирі	2988,4	6426,6	3031,9	898,7	1182	54,3	14581,9
Мокрі	368,2	1022,6	397,1	56	49,4	24,5	1917,8
Разом	9154,9	11361,7	11946,9	3134	3786,7	282,1	39666,3
Сугруди (87,6%)							
Сухі	–	–	0,6	–	–	–	0,6
Свіжі	396,3	144,8	625,1	147,4	587,6	75	1976,2
Вологі	17499,5	6288,1	14518,4	4571,1	8036,5	798,7	51712,3
Сирі	104792,6	50484,8	54575,8	17847,6	34648,6	4381,8	266731,2
Мокрі	7631,9	8814,8	2673	1036,7	2805,1	181,7	23143,2
Разом	130320,3	65732,5	72392,9	23602,8	46077,8	5437,2	343563,5
Груди (2,2%)							
Свіжі	6,3	3,1	118,5	0,5	59,8	–	188,2
Вологі	241,2	42,9	1453,8	50,3	1416,8	33,8	3238,8
Сирі	1683,7	164,2	797,3	90,9	2175,1	2	4913,2
Мокрі	1,4	6,3	39,3	–	70,3	–	117,3
Разом	1932,6	216,5	2408,9	141,7	3722	35,8	8457,5

Отже, деревостани вільхи клейкої ростуть практично в усіх типах лісорослинних умов Українського Полісся, домінуючи, як уже зазначалось, у сугрудових умовах (87,6%), з них 77,6% – у сирому гігروتопі. Зі зниженням родючості ґрунтових умов площі деревостанів цього деревного виду зменшуються в усіх досліджуваних областях (від 10,1% у суборах до 0,1% у борах). При цьому, в межах цих типів лісорослинних умов домінують насадження у вологих гігروتобах. Клейковільхові деревостани у борових типах лісорослинних умов трапляються переважно у Західному Поліссі (Волинь – Житомирщина). Частка досліджуваних деревостанів у багатих лісорослинних умовах (грудах) незначна (2,2%) з домінуванням у вологих та сирих гігروتобах.

Дискусія (Discussion). Вільхові ліси Українського Полісся – це м'яколистяні деревостани, в яких переважає вільха клейка (чорна) (*Alnus glutinosa* (L.) Gberth.), вільха сіра (*Alnus incana* (L.) Moench) або вільха зелена (*Alnus viridis* DC). З цих видів вільхи саме вільха клейка є основним лісотвірним деревним видом у сирих і мокрих сугрудах і грудах. Її деревостани виконують важливі водоохоронно-регуляторну та ландшафтно-утворювальну функції. Це найпоширеніший вид вільхи, який утворює чисті та мішані ліси по території майже всієї України, домінуючи на Поліссі, менше – в Лісостепу, рідко трапляється в Степу, здебільшого бе-

регами великих річок. У Карпатах клейковільхові деревостани поширені слабо. У багатших лісорослинних умовах домішкою у насадженнях вільхи клейкої є ясен звичайний, ялина європейська, тополя тремтяча (осика), а в бідніших – береза повисла та верби.

Найбільші площі деревостанів вільхи клейкої в Українському Поліссі локалізовані у північному регіоні – Волинській (36,1%), Житомирській (22,1%) та Рівненській (19,3%) областях. Найменше їх росте у Сумській області (1,5%). При цьому спостережено чітко виражену тенденцію до зменшення площі клейковільхових деревостанів у напрямку зі заходу на схід.

За походженням домінують деревостани вегетативного походження, що цілком притаманно цьому деревному виду. Для вікової структури вільхових насаджень характерне переважання середньовікових деревостанів над іншими віковими категоріями, що не сприяє тривалому рівномірному лісокористуванню, а також лісовідновленню і сталому веденню господарства. Така ситуація потребує корегування розрахункової лісосіки у бік її збільшення за рахунок пристиглих і навіть середньовікових деревостанів.

Для досліджуваних деревостанів характерні високі класи бонітету (в середньому І,8), а їхня частка ІІ класу бонітету і вище становить 80,7%. Відзначено зональну тенденцію до збільшення про-

дуктивності досліджуваної категорії вільшаників із заходу на схід. Аналіз відносних повнот дає змогу стверджувати, що для деревостанів вільхи клейкої характерні середні відносні повноти (в середньому 0,70). Частка деревостанів з повнотою 0,7 і вище становить 59,0%, що свідчить про певні лісівничі резерви щодо збільшення повноти цієї категорії деревостанів.

За типологічною структурою насадження вільхи клейкої ростуть практично в усіх типах лісорослинних умов Українського Полісся, домінуючи у сугрудових умовах (87,6%), з них 77,6% – у сирому гіротопі.

Висновки (Conclusions). За результатами аналізу таксаційної структури клейковільхових деревостанів Українського Полісся варто відзначити таке:

- клейковільхові деревостани ростуть у вологих і сирих типах лісорослинних умов, домінуючи у Волинській, Рівненській та Житомирській областях Українського Полісся;
- за віковою структурою переважають середньовікові і пристиглі деревостани (43-50 років), що свідчить про істотний потенціал заготівлі товарної деревини вільхи клейкої у найближчі десятиріччя;
- деревостани вільхи клейкої високопродуктивні (середній бонітет – 1,9 і вище), високоповнотні (відносна повнота 0,67 і вище) із середніми запасами деревини від 152 м³·га⁻¹ на Рівненщині до 189 м³·га⁻¹ на Київщині;
- досліджувана категорія насаджень становить вагомую частку у лісоторгівельному потенціалі лісового фонду України й потребує опрацювання сучасного нормативно-інформаційного забезпечення для оцінювання кількісних та якісних параметрів дерев і деревостанів, адаптованих до Європейських стандартів.

Список літератури (References)

- Байрак, О.М. (2014). Фіторізноманіття Полісся: досвід вивчення та збереження. *Український ботанічний журнал*, 71(6), 757-759 [Bayrak, O.M. (2014). Phytodiversity of Polissia: experience of study and preservation. *Ukrainian Botanical Journal*, 71(6), 757-759. Retrieved from <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/177064>] (in Ukrainian)
- Блищик, І.В., Лакида, П.І. (2006). Експериментальні дослідження біопродуктивності вільхи клейкої у Західному Поліссі. *Науковий вісник Національного аграрного університету*, 100, 266-270 [Blyshchik, I.V., & Lakyda, P.I. (2006) Experimental studies of bioproductivity of black alder in Western Polissia. *Scientific Bulletin of National Agrarian University*, 100, 266-270] (in Ukrainian)
- Васькевич, М.С. (2010). Особливості створення та структура банку даних «Лісовий фонд України». *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*, 147, 188-195 [Vaskevich, M.S. (2010). Features of the creation and structure of the "Forest Fund of Ukraine" data bank. *Scientific Bulletin of National University of Life and Environmental sciences of Ukraine*, 147, 188-195] (in Ukrainian)
- Генсірук, С.А., Нижник, М.С., Копій, Л.А. (1998). *Ліси Західного регіону України*. Львів: УкрДЛТУ [Gensiruk, S.A., Nyzhnyk, M.S., & Kopyi, L.A. (1998). *Forests of the Western region of Ukraine*. Lviv: Ukrainian State Forestry University] (in Ukrainian)
- Генсірук, С.А. (2002). *Ліси України*. Львів: УДЛТУ [Gensiruk, S.A. (2002). *Forests of Ukraine*. Lviv: Ukrainian State Forestry University] (in Ukrainian)
- Генсірук, С.А. (1981). *Комплексное лесохозяйственное районирование Украины и Молдавии*. Киев: Наукова думка [Gensiruk, S.A. (1981). *Comprehensive forestry zoning of Ukraine and Moldova*. Kyiv: Scientific Opinion] (in Russian)
- Григора, І.М., Якубенко, Б.Є., Пидюра, О.І., Алейніков, А.М. (1998). Типологія болотних вільшняків Волинського Полісся. *Науковий вісник Національного аграрного університету*, 8, 65-70 [Hryhora, I.M., Yakubenko, B.E., Pydyura, O.I., & Aleynikov, A.M. (1998). Typology of swamp alder stands of the Volyn Polissia. *Scientific Bulletin of National Agrarian University*, 8, 65-69] (in Ukrainian)
- Гром, М.М. (2005). *Лісова таксація*. Львів: РВВ НЛТУ України [Grom, M.M. (2005). *Forest mensuration*. Lviv: Ukrainian National Forestry University] (in Ukrainian)
- Давидов, М.В. (1976). Особенности роста черноольховых насаждений. *Лесное хозяйство*, 8, 43-45 [Davydov, M.V. (1976). Features of the growth of planted black alder. *Forestry*, 8, 43-45] (in Russian)
- Давидов, М.В. (1979). *Ольха*. Москва: Лесная промышленность [Davydov, M.V. (1979). *Alder*. Moscow: Forest industry] (in Russian)
- Довідник лісового фонду України (за матеріалами державного обліку лісів України станом на 01.01.2011 р.) (2012). Ірпінь: Державний комітет лісового господарства України [Directory of the forest fund of Ukraine (based on the materials of the state forest inventory of Ukraine as of 1 January 2011 (2012). Irpin: State Forestry Committee of Ukraine] (in Ukrainian)
- Збірник технічних умов на класифікацію лісоматеріалів (2019). Київ: Державне підприємство «Лісогосподарський інноваційно-аналітичний центр» [Collection of technical specifications for the classification of timber (2019). Kyiv: State Enterprise "Forestry Innovation and Analytical Center"] (in Ukrainian)
- Кашпор, С.М. (1999). Методичні основи складання нормативів динаміки товарної структури насаджень. *Науковий вісник Національного аграрного університету*, 17, 265-268 [Kashpor, S.M. (1999). Methodological basis for drawing up standards for the dynamics of the commodity structure of stands. *Scientific Bulletin of the National Agrarian University*, 17, 265-268] (in Ukrainian)
- Копій, Л.І., Гончар, В.М., Каганяк, Ю.Й., Копій, С.Л. (2013). Аналіз залежності основних таксаційних показників березово-соснових деревостанів від чинників середовища – передумова

- формування високопродуктивних лісових екосистем Західного Полісся. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 11, 58-64 [Korpiy, L.I., Honchar, V.M., Kaganyak, Yu.Y., & Korpiy, S.L. (2013). Analysis of the dependence of the main mensurational indicators of birch-pine stands on environmental factors – a prerequisite for the formation of highly productive forest ecosystems in the Western Polissia. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 11, 58-64. Retrieved from <http://fasu.nltu.edu.ua/index.php/nplanu/article/view/325>] (in Ukrainian)
- Лакида, П.І., Оборська, А.Е., Блищик, І.В., Смолін, В.О. (2019). *Прогнозування динаміки росту модальних клейковільхових деревостанів Західного Полісся України*. Корсунь-Шевченківський: ФОП Майдаченко І.С. [Lakyda, P.I., Oborska, A.E., Blyshchik, I.V., & Smolin, V.O. (2019). *Forecasting the growth dynamics of modal black alder stands in the Western Polissia of Ukraine*. Korsun-Shevchenkovskiy: FOP Maidachenko I.S.] (in Ukrainian)
- Маринич, О.М. (1962). *Українське Полісся*. Київ: Радянська школа [Marynych, O.M. (1962). *Ukrainian Polissia*. Kyiv: Soviet School] (in Ukrainian)
- Орлов, М.М. (1925). *Лесная таксация*. Ленинград: Издательство Ленинградского лесного института [Orlov, M.M. (1925). *Forest mensuration*. Leningrad: Publishing House Leningrad Forestry Institute] (in Russian)
- Остапенко, Б.Ф., Федець, І.Ф., Улановський, М.С. (1978). Лесорастительное районирование и классификация типов леса Украинской и Молдавской ССР. *Сборник научных трудов Харьковского сельскохозяйственного института*, 258, 6-28 [Ostapenko, B.F., Fedets, I.F., & Ulanovsky, M.S. (1978). Forest site zoning and classification of forest types of the Ukrainian and Moldavian SSR. *Collection of Scientific Works of Kharkiv Agricultural Institute*, 258, 6-28] (in Russian)
- Папіш, І.Я., Позняк, С.П., Іванюк, Г.С., Ямелинець, Т.С. (2016). Ґрунтово-географічне районування Українського Полісся. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету ім. Володимира Гнатюка. Серія: Географія*, 2, 31-42 [Papish, I.Ya., Pozniak, S.P., Ivanyuk, G.S., & Yamelynets, T.S. (2016). Soil and geographic zoning of Ukrainian Polissia. *Scientific notes of the Volodymyr Hnatyuk Ternopil National Teacher's Training University. Series: Geography*, 2, 31-42. Retrieved from http://nbuv.gov.ua/UJRN/NZTNPUg_2016_2_7] (in Ukrainian)
- Пастернак, П.С., Киселевський, Р.Г., Федець, І.Ф., Медведев, Л.А. (1980). Лесохозяйственное районирование Украинской ССР. *Лесоводство и агролесомелиорация*, 56, 3-16 [Pasternak, P.S., Kiselevsky, R.G., Fedets, I.F., & Medvedev, L.A. (1980). Forestry districting of the Ukrainian SSR. *Forestry and agroforestry melioration*, 56, 3-16] (in Russian)
- Поварницін, В.О. (1959). *Ліси Українського Полісся*. Київ: Вид-во АН УРСР [Povarnytsyn, V.O. (1959). *Forests of the Ukrainian Polissia*. Kyiv: Publishing House of the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR] (in Ukrainian)
- Поляков, О.В., Поляков, М.О. (2009). Адаптивна промислова сортиментация лісосічного фонду: алгоритми імітаційного моделювання. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*, 135, 201-205 [Polyakov, O.V., & Polyakov, M.O. (2009). Adaptive industrial sorting of forest stock: simulation modeling algorithms. *Scientific Bulletin of the National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine*, 135, 201-205] (in Ukrainian)
- Швиденко, А.З., Савич, Ю.Н., Строчинський, А.А., Поляков, В.К., Канунников, Н.Е. (1987). *Нормативно-справочные материалы для таксации лесов Украины и Молдавии*. Киев: Урожай [Shvidenko, A.Z., Savych, Y.N., Storchinsky, A.A., Polyakov, V.K., & Kanunnikov, N.E. (1987). *Normative and reference materials for forest inventory in Ukraine and Moldova*. Kyiv: Harvest] (in Russian)
- Bontemps, J.D., & Bouriaud, O. (2013). Predictive approaches to forest site productivity: recent trends, challenges and future perspectives. *Forestry*, 87, 109-128. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpt034>
- Nothdurft, A., Wolf, T., Ringeler, A., Böhner, J., & Sabrowski, J. (2012). Spatio-temporal prediction of site index based on forest inventories and climate change scenarios. *Forest Ecology and Management*, 279, 97-111. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.05.018>
- Uri, V., Aosaar, J., Varik, M., Becker, H., Ligi, K., Padari, A., Kanal, A., & Lõhmus, K. (2014). The dynamics of biomass production, carbon and nitrogen accumulation in grey alder (*Alnus incana* (L.) Moench) chronosequence stands in Estonia. *Forest Ecology and Management*, 327, 106-117. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.04.040>

Resource potential and structure of black alder stands of Ukrainian Polissia

P. Lakyda¹, V. Smolin²

Sustainable and rational use of forest resources in the context of the transition of the forest industry of Ukraine to European standards and market principles of management requires the systematic development of appropriate regulatory and information support for

¹ Petro Lakyda – Full Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, First Vice-President of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Doctor of Agricultural Sciences, Honored Worker of Science and Technology of Ukraine, Manager of Innovative Development of the State Enterprise “Forests of Ukraine”, 6 Bolsunovska st., Kyiv, 01601, Ukraine. Phone: +380-67-462-80-43. E-mail: petro.lakyda@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3639-2969>

² Vitaly Smolin – graduate student. National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 15 Heroiv Oborony st., Kyiv, 01040, Ukraine. Phone: +380-67-500-80-87. E-mail: smolin.vitaliy@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5600-4359>

the assessment of wood resources of the country's main forest-forming species. At the same time, the information about the size and quality structure of the stock of stands to be felled is, perhaps, of the utmost importance in the planning of forestry production activities.

The implementation of this task requires an up-to-date assessment of the stocks of timber stands according to the main mensurational characteristics, which was carried out within the scope of the presented work. The analysis of the structure of the main mensurational indicators of stands of black alder in the Ukrainian Polissia is given according to the data of the database of the PU «Ukrderzhlisproekt» as of 1 January 2011.

One of the valuable tree species that occupies a specific ecological niche in the forests of Ukraine is the sticky (black) alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaerth). It is the main forest-forming tree species in humid and wet places, because its stands perform an important water protection function – water-regulating and landscape-forming function. This species is widespread almost throughout the entire territory of Ukraine, especially in the northern Polissia of Ukraine. Due to its biological and ecological properties (fast growth, intensive synthesis of organic matter, oxygen productivity), the alder is an extremely valuable tree species in the implementation of solutions to a number of environmental problems of the region.

The areas of black alder stands are localized in the western and northwestern part of Ukrainian Polissia (78.0%), with the greatest distribution in Volyn region (36.1%), which is due to the soil and climatic conditions of the area.

The resource potential of exploitable stands and its components within the forest fund of the administrative regions of the study zone were analyzed. At the same time, it was found that the age structure of the stands is in the range of 43-50 years, which indicates a sufficient potential for marketable wood of black alder with an average wood supply from 152 m³·ha⁻¹ in Rivne region to 189 m³·ha⁻¹ in Kyiv region.

The studied category of stands is characterized by average relative densities (0.70) and fairly high site indices (I.8). The age structure of the region's forests is uneven with a significant predominance of mid-aged stands.

More than 80.0% of the stands are of vegetative origin. The seed origin of black alder stands in the study region, both natural and artificial, does not exceed 20.0% in total. The largest numbers of black alder crops were created in Chernihiv region (15.7%), and the smallest – in Kyiv region (3.7%).

Black alder stands grow in almost all types of forest growth conditions of the Ukrainian Polissia, dominating, however, in fairly fertile hornbeam site type (87.6%), of which 77.6% are in wet hygrotops.

The researched category of plantations makes up a significant share of the forest resource potential of the forest fund of Ukraine and requires the development of modern normative and informational support for the assessment of quantitative and qualitative parameters of trees and stands.

Key words: forest-forming tree species; black alder; timber stand; productivity; origin; age structure; growing stock; site class; stand density; type of forest growth conditions.

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/10.15421/412311>
Article received 2023.07.21
Article accepted 2023.11.23

ISSN 1991-606X print
ISSN 2616-5015 online
@ ✉ Correspondence author
Volodymyr P. Pasternak
pasternak65@ukr.net
86 Pushkinska st., Kharkiv, 61024, Ukraine

UDC 630.181.28

Vulnerability assessment of Ukrainian forests as the basis of nature-based solutions for mitigation and adaptation to climate change

I. F. Buksha¹, T. S. Pyvovar², M. A. Bondaruk³, V. P. Pasternak⁴, S. V. Krakovska⁵

A wide range of climatic conditions in Ukraine causes significant regional differences in the vulnerability of forests to the current rapid climate change. The mitigation/adaptation strategy should be based on assessments of their vulnerability at the regional level.

*Phytoindication model by Prof. Y. P. Didukh was used to assess forest vulnerability. The model provides a quantitative estimation of climate as one of the major environmental factors affecting the distribution, condition and productivity of vegetation on the base of climate-related indicators – continentality, humidity and frost. For these indicators climate suitability scales were calculated. The modeling was carried out for the main forest species: *Pinus sylvestris* L., *Quercus robur* L., *Fagus sylvatica* L., *Picea abies* (L.) H. Karst, *Betula pendula* Roth., *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. and *Robinia pseudoacacia* L. Climate projections based on the Euro CORDEX time series (up to 2100) and 2 scenarios of the Representative Concentration Pathways (RCP 4.5, RCP 8.5) were used. Using Q-GIS, the maps containing zones of suitability to climate for each of the studied species were created for current climate conditions and future time series.*

¹ Ihor F. Buksha – Corresponding Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, PhD in Agricultural Sciences, Senior Researcher, the G. M. Vysotsky Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration, 86 Pushkinska st., Kharkiv, 61024, Ukraine. Tel.: +38-057-707-80-44. E-mail: buksha@urifm.org.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7198-6485>

² Tetiana S. Pyvovar – Corresponding Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, PhD in Agricultural Sciences, Senior Researcher, the G. M. Vysotsky Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration, 86 Pushkinska st., Kharkiv, 61024, Ukraine. Tel.: +38-057-707-80-44. E-mail: pyvovartatiana@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7250-8549>

³ Maryna A. Bondaruk – PhD in Biological Sciences, Senior Researcher, the G. M. Vysotsky Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration, 86 Pushkinska st., Kharkiv, 61024, Ukraine. Tel.: +38-057-707-80-44. E-mail: bm1961@ukr.net

⁴ 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 Pushkinska st., Kharkiv, 61024, Ukraine. Tel.: +38-057-707-80-44. E-mail: pasternak65@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1346-1968>

⁵ Svitlana V. Krakovska – PhD in Physics and Mathematics, Senior Researcher, Ukrainian Hydrometeorological Institute, 37 Nauky prospect, Kyiv, 03028, Ukraine. E-mail: svitlanakrakovska@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9972-0937>

The directions for strengthening the mitigation and adaptive capacity of forests are considered. The mainstream for nature-based solutions is adaptive sustainable forest management, which provides: 1) optimization of land use structure and increasing the forested area; 2) development and implementation of a national forestry program considering the priorities of climate change and low-carbon development; 3) using wood to substitute greenhouse gas intensive materials and fossil fuels; 4) the best forestry practices through the introduction of modern Climate-Smart Forestry principles.

Key words: RCP 4.5; RCP 8.5; Euro CORDEX; climate trends; adaptive forest management.

Introduction. In Ukraine, the effects of climate change are already being observed and according to the projections of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2014, 2022), further climate warming is expected soon. Forests are one of the main terrestrial carbon sinks, but in unfavorable conditions (forests decline, wildfires) they can become a carbon source, which will mitigate climate change.

The conditions of Ukraine's forests have deteriorated sharply since 2009. Over the last decade, the areas of Scots pine and Norway spruce damaged by bark-beetles significantly increased in Ukraine (Парпан та ін., 2014; Meshkova, 2021). Large forest areas have been damaged by wildfires. Such events are considered consequences of climate change (Zibtsev, Goldammer, Soshenskii, & Gumeniuk, 2022).

Previous studies (Shvidenko, Buksha, Krakovska, & Lakyda, 2017; I. Buksha, Pyvovar, M. Buksha, Pasternak, & T. Buksha, 2021) predicted significant deterioration of climatic conditions for forests in Ukraine, mainly associated with the lack of water, and showed shifting favorable conditions for forests to the north and northwest. According to the results of research by Boychenko (2008) the transformation of climatic fields in the territory of Ukraine will lead, in particular, to a shift in the boundaries of natural zones, and the appearance of a semi-desert zone in the south. In large areas of Ukraine, conditions for the growth of the main tree species will become unfavorable. The studies by Dyderski, Paź, Frelich, & Jagodziński (2018) showed similar results for forests in Europe. The study by Buras & Menzel (2019) predicted significant changes in the distribution of forest tree species in Europe in the current century. European beech and English oak can survive in quite large areas of Central Europe. Due to the increasing risk of drought-induced mortality, Scots pine and Norway spruce are likely to significantly decrease in abundance in Central European forests under the expected climate change (Buras & Menzel, 2019; Vacek et al., 2016). Scots pine is characterized by wide ecological plasticity and genetic variability within its natural range (Brichta et al., 2023).

A wide range of climatic conditions in Ukraine causes regional features of forest ecosystems, and their regional determinants – the specifics of vulnerability to climate change. Therefore, it is very important to assess the possible consequences for forests at the regional level to form an information base for developing strategies for adaptation and mitigation of consequences.

The purpose of the study is to evaluate climate suitability for the growth of the main forest tree species in Ukraine in the current climate and in the future under

the most relevant scenarios RCP 4.5 and 8.5 scenarios as well as quantification of vulnerability. The results of the study are presented in this publication.

Material and methods. The phytosimulation model by Didukh (1994, 2011) was used to assess forest vulnerability. The model provides a quantitative estimate of climatic conditions as one of the major environmental factors affecting the distribution, condition and productivity of forest vegetation on the base of indicators of climate continentality, humidity and frostiness.

A previous study (Швиденко, Букша, Краковська, 2018) showed that for the studied tree species the main limiting factor is climate humidity, so in this study the assessment was performed for this indicator. Climate humidity reflects the lack of moisture – as the difference between the annual amount of precipitation and potential evaporation. For 8 tree species (Scots pine (*Pinus sylvestris* L.), English oak (*Quercus robur* L.), European beech (*Fagus sylvatica* L.), Norway spruce (*Picea abies* (L.) H. Karst), Silver birch (*Betula pendula* Roth.), Black alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) and Black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) climate suitability scales were developed based on Didukh (2011) (Table 1).

Climate humidity index was calculated as the difference between the annual precipitation sum (W) and potential evaporation (E_0) by the method of Kolomyts (за Швиденком та ін., 2018):

$$Om = W - E_0, \text{ mm} \quad (1)$$

$$E_0 = 1384 - 161,6 \cdot t_{\max} + 6,245 \cdot t_{\max}^2, \quad (2)$$

where $t_{\max}$ is the mean temperature of the warmest month.

For the study, E-OBS climatic data (for the recent climate of the period 1991-2010) and regional climate model data from the international EURO-CORDEX initiative (Jacob et al., 2014; Krakovska et al., 2022) for scenarios RCP 4.5 and RCP 8.5 for the 21st century were used. Climate indices and forest areas were studied at the regional scale – within the forestry regions according to Gensiruk (2002), which are used for forest management in Ukraine and they almost coincide with natural zones: Forest region (Polissia), Forest-Steppe, Carpathian Mountains, Northern and Southern Steppe, Mountain Crimea. As a source of data on the area of forests by the main tree species, the database of the State Forest Register as of January 1, 2011, was used. Forest data were generalized at the forestry enterprise's level. The effect of local site conditions such as soil humidity and fertility were not taken into account in the modeling.

Table 1. Magnitude of the scales of tolerance and suitability for climate humidity for the main tree species (in absolute values of the indicator, mm)

Species	Magnitude of tolerance	Optimum	Suboptimum	Satisfying	Subsatisfying
<i>Pinus sylvestris</i>	-500–1690	310–890	110–<310 & >890–1,090	-190–<110 & >1,090–1,390	-490–<-190 & >1390–1690
<i>Quercus robur</i>	-700–900	-100–300	-240–<-100 & >300–440	-450–<-240 & >440–650	-690–<-450 & >650–890
<i>Fagus sylvatica</i>	-300–700	80–310	0–<80 & >310–390	-120–<0 & >390–520	-290–<-120 & >520–690
<i>Picea abies</i>	100–1,490	620–970	500–<620 & >970–1,090	320–<500 & >1,090–1,270	100–<320 & >1,270–1,480
<i>Betula pendula</i>	-500–1,300	170–630	0–<170 & >630–790	-230–<0 & >790–1030	-490–<-230 & >1,030–1,290
<i>Alnus glutinosa</i>	-700–1,100	-30–430	-190–<-30 & >430–590	-430–<-190 & >590–830	-690–<-430 & >830–1,090
<i>Carpinus betulus</i>	-500–700	-40–240	-140–<-40 & >240–340	-290–<-140 & >340–490	-490–<-290 & >490–690
<i>Robinia pseudoacacia</i>	-900–700	-300–100	-440–<-300 & >100–240	-650–<-440 & >240–450	-890–<-650 & >450–690

By using Q-GIS, maps of dynamics of climate humidity index for the recent climate of the 1991–2010 period and projected climate scenarios RCP 4.5 and RCP 8.5 were elaborated. Modeling of the suitability of climate humidity conditions for studied tree species was performed on the base of determined scales (see Table 1) under different scenarios. For each forestry region and the total territory of Ukraine, the distribution of the current forest area of each species in different zones of climatic suitability conditions under the current climate and in the future under two scenarios was estimated. The vulnerability in this study was quantified as an area of a specific tree species and its share which in the future, according to the modeling, would be in unsuitable climate conditions compared to the current climate as well as areas, where favorable (optimum, suboptimum and satisfactory) conditions would become less favorable (unsatisfactory and extreme

conditions). Such an approach allowed for the identification of forestry regions where the projected climate change will cause a more significant negative impact on specific forest stands of the main tree species.

Results. The values of the climate humidity are characterized by high variability within Ukraine: the highest values are observed in the Carpathian mountains, they are slightly lower in the Right-Bank Forest-Steppe and Mountain Crimea, which is related to the amount of precipitation and features of the terrain, while in the southern direction the moisture deficit increases: minimal values are in the Southern Steppe zone. In the future, a significant increase in potential evaporation is expected due to the increase in the temperature and, accordingly, a sharp increase in the humidity deficit of the climate starting from the south (Fig. 1). A significant decrease in climate humidity is predicted in the most forested regions: Forest-steppe and Forest zone.

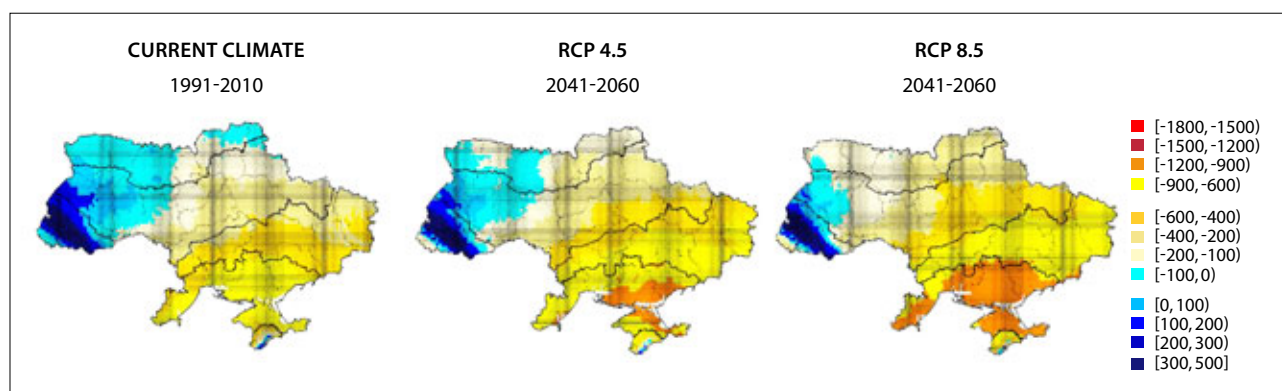


Fig. 1. Climate humidity in the 21st century under scenarios RCP 4.5 and RCP 8.5 and in the current climate

The climate scenario data show a long-term trend towards decreasing climate humidity in Ukraine. Less rapid climate change is expected in the case of the

RCP 4.5 scenario, therefore, the consequences for forest stands in the case of realization of this scenario are expected to be less dramatic, than in the case of RCP 8.5.

The performed modelling (Fig. 2) showed that climate humidity conditions in Ukraine in the middle of the century will become less suitable for the studied species compared to the current climate. The predicted effect is different in different forestry regions and depends on the tolerance level of the species being studied and the actual areas of these species. For example, *Robinia pseudoacacia* can grow in a wide range of climate humidity, and in the middle of the century changes

in the area of suitable conditions for this species were minimal. However, the forest areas of this species in Ukraine are rather small, and they are mainly located in the Steppe regions. The other species are characterized by a significant decrease in areas with suitable conditions. The lowest value of tolerance is characteristic of Norway spruce, which is a representative of boreal forests: in Ukraine, favorable climate conditions for this species are mainly in the Carpathian Mountains.

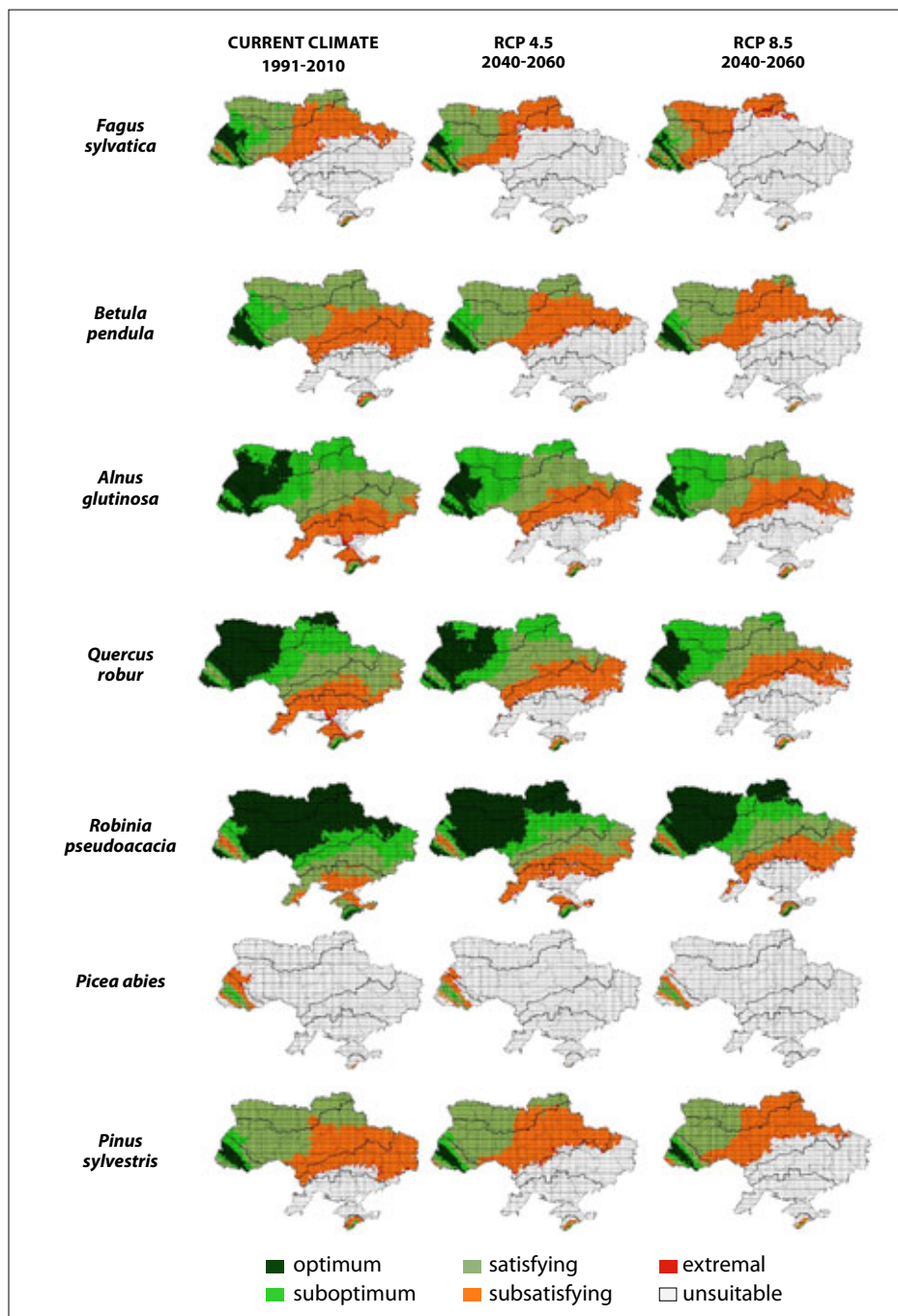


Fig. 2. Modelling of the suitability of climate humidity conditions in Ukraine for main tree species in the current climate and in the middle of the 21st century under scenarios RCP 4.5 and RCP 8.5

According to the climate classification, the most favorable conditions are currently in the Carpathian Mountains (Table 2), but pine in the region grows only

in small areas due to the dominance of other tree species: European beech, Common hornbeam, Norway spruce, Silver fir, etc.

Table 2. Changes in the area of Scots pine distribution according to suitability for climate humidity under different scenarios (in the current climate and the period 2041-2060 under RCP 4.5 and 8.5) in Ukraine (Standwise forest inventory database as of 1 January 2011)

Natural zone	Total pine area, 10 ³ ha, (%) [*]	Suitability of climate	Relative area of pine stands in the natural zone (%)			Pine area change in 2041-2060*** 10 ³ ha, (%)	
			Current climate	2041-2060 RCP 4.5	2041-2060 RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
Carpathian Mountains	16.8 (0.7%)	Favorable**	100	100	99.5	0	-0.05 ha (-0.5%)
		Unsuitable	0	0	0	0	0
Forest zone	1604.2 (66.7%)	Favorable**	97.7	84.8	64.9	-206.9 ha (12.9%)	-526.2 ha (32.8%)
		Unsuitable	0	0	0	0	0
Right bank Forest-steppe	314.4 (13.1%)	Favorable**	74.2	68.1	63.7	-19.2 ha (-6.1%)	-33.0 ha (-10.5%)
		Unsuitable	0	0	15.1	0	47.5 ha (15.1%)
Left bank Forest-steppe	309.7 (12.9%)	Favorable**	30.8	4	0	-83.0 ha (-26.8%)	-95.4 ha (-30.8%)
		Unsuitable	0	0	23.3	0	72.2 ha (23.3%)
Northern Steppe	124.7 (5.2%)	Favorable**	0	0	0	0	0
		Unsuitable	0.5	81.2	100	100.6 ha (80.7%)	124.1 ha (99.5%)
Southern Steppe	31 (1.3%)	Favorable**	0	0	0	0	0
		Unsuitable	99.9	100	100	0	0
Mountain Crimea	2.9 (0.1%)	Favorable**	83.1	44.1	44.1	-1.1 ha (-39%)	-1.1 ha (-39%)
		Unsuitable	0	0	0	0	0
Ukraine	2403.9 (100%)	Favorable**	79.7	66.8	52.4	-310.1 ha (-12.9%)	-656.3 ha (-27.3%)
		Unsuitable	1.3	5.5	11.4	100.7 ha (4.2%)	242.8 ha (10.2%)

* Share of Scots pine area in natural zone from the total Scots pine area in Ukraine.

** Favorable conditions include the sum of Scots pine areas in optimal, suboptimal, and satisfactory conditions.

*** Compared to the current climate.

The distribution of Scots pine stands by natural zones in Ukraine is not homogeneous due to differences in climate and soil conditions. The majority of pine forests (66.7% of total pine stands in Ukraine) are located in the Forest zone (northern part of the country), where the climate conditions currently are mainly favorable (97.7% of Scots pine forests in the region grow in a favorable climate). Among the forest-steppe regions, the Right Bank Forest Steppe is relatively more favorable for pine due to its more humid climate. While conditions of the Steppe zones are mostly unfavorable (unsatisfactory), extreme for the Northern Steppe, and unsuitable for the Southern Steppe.

The analysis of the distribution of existing Scots pine areas in Ukraine within the projected climate humidity suitability classes (see Table 2) and the study regions showed that in Ukraine as a whole in the middle of the century, 4.2 to 10.2% (depending on the scenario) of existing pine forests will be in unsuitable conditions (mainly in the Forest-Steppe and in the Northern Steppe zones), while in the Forest zone and the Forest-Steppe, conditions in large areas of Scots pine stands will vary from favorable to sub-satisfactory and extreme. In terms of area, the most significant changes are predicted in the Forest zone, where up

to 32% of existing pine stands under RCP 8.5 might become vulnerable.

Thus, under the projected climate, pine stands become vulnerable over large areas in different regions. The estimated area of pine forests that may be affected will be about 411-899 thousand hectares (depending on the scenario). Our approach made it possible to identify regions, and forestry enterprises with the most unfavorable prognosis.

Discussion. Generally, the expected climate change will have negative consequences for the health condition, productivity and biodiversity of existing forest stands, as such rapid changes may disrupt the homeostasis of forest ecosystems. Taking into account the current age structure of Ukraine's forests, their adaptability to rapid climate change will be relatively weak, as adult plants are less able to adapt to changes in environmental conditions. At the same time, in Ukraine, there are large areas of pure even-aged pine stands that have the highest wildfire hazard.

The main consequences of climate change for forest ecosystems of Ukraine are manifested in the following areas: 1) geographical and landscape changes in areas suitable for growing certain tree species (shift of natural ranges, disappearance of some tree species or inva-

sion of non-native species); 2) changes in the resilience, vitality and productivity of forest ecosystems; 3) the occurrence of water or heat stress, especially during extreme climate events; 4) changes in the ecosystem functions of forests (in particular – the impact on the quantity and quality of wood production, biogeochemical cycles, biodiversity loss, etc.); 5) changes in the content and circulation of plant nutrients; 6) changes in the reproductive cycle of species, patterns of succession dynamics, as well as changes in ecological and social services of forests; 7) changes in the hydrological regime, especially in arid areas.

The study results showed that changes in the climatic conditions will occur in all regions of Ukraine. In the Carpathians, the vegetation belts are expected to shift in altitude, for the plain part of Ukraine the impact of projected climate change will cause a shift of natural zones in the northern direction. Almost all of the studied tree species are sensitive to climate humidity, which is likely to decrease due to redistribution of precipitation, increase of air temperature and, as a consequence, increased evapotranspiration. Increasing climate aridity, variability and extremes of climatic phenomena will create stressful conditions for forest vegetation. The predicted changes will have a minimal effect on the black locust, so we can expect an increase in its expansion in forest stands, especially in the Forest-Steppe zone.

Forest vulnerability can be significantly reduced through the development and implementation of strategies (Bowditch et al., 2020; Temperli, Bugmann, & Elkin, 2012) and a system of actions aimed at adapting Ukraine's forests to climate change. On October 20, 2021, the Cabinet of Ministers of Ukraine adopted the Strategy for Environmental Safety and Adaptation to Climate Change until 2030. The document is aimed at fulfilling Ukraine's international obligations under the Paris Climate Agreement to reduce greenhouse gas emissions and adapt to the effects of global climate change. Bowditch et al. (2020) describe the process that developed a comprehensive definition of Climate-smart forestry, as well as the process for selecting indicators that assess the "climate-smartness" of forest management. The core focus of the Climate-smart forestry definition is integrating aspects of adaptation, mitigation and social dimensions.

Forest management strategy for adaptation to climate change should be developed on a regional basis, taking into account tree species composition and regional characteristics, in particular concerning modeled climate conditions; it should be based on the principles of Climate-smart forestry and in-depth study of bioecological characteristics of the major forest tree species (and potential prominent introduced species).

In regions with high vulnerability of tree species, it is necessary to carry out measures to increase forest resilience and adaptation to the expected climate. It is necessary to include in the list of planned activities not only the climate forecast for the territory but also the local characteristics of site conditions (soil fertility, soil water availability). It is recommended to transform

the existing pure Scots pine stands into mixed forests (with an admixture of deciduous species). Use of provenances with high adaptability to dry conditions for reforestation. For detailed development of the list of measures at the level of forestry enterprises for pest and fire control, it is relevant to use the method of pests and wildfire prediction, developed by Meshkova & Borysenko (2021), based on scoring of soil fertility, soil water availability, species composition (share of Scots pine) and age. The basis for nature-based solutions is adaptive sustainable forest management, which provides: 1) optimization of land use structure, increasing the forested area; 2) introduction of close-to-nature forestry approaches.

Considering the diversity of natural conditions, adaptive measures in the forest sector should be localized (at the region level), species-specific and aimed at 1) maintenance of existing forest ecosystems and landscapes (implementation of sustainable forest management, fire control, forest protection from pests and diseases); 2) optimization of land use structure, increasing the forested area; 3) increasing the resilience of forest ecosystems (existing and newly created) – supporting of the best forest management practices through the introduction of Climate-smart Forestry principles: measures to control invasive species, selective felling system, regulation of species composition, adapted migration, controlled use of non-native species more adapted to new climatic conditions); 4) efficient use of natural resources, replacement of energy-intensive products (to reduce carbon footprint) – using wood to substitute greenhouse gas-intensive materials and fossil fuels. To achieve the ambitious goals of the Paris Agreement in Ukraine, it is necessary to develop and implement a national forestry program considering the priorities of climate change, low-carbon development, and strengthening of intersectional cooperation (primarily for afforestation of the non-forest lands).

Conclusions. A change in climatic conditions will occur in all regions of Ukraine: in the Carpathians, a shift in vegetation zones is expected in altitude, for the plain part, the impact of the predicted climate changes will cause a shift in natural zones in the northern direction. Almost all studied tree species are sensitive to climate humidity, which is likely to decrease due to redistribution of precipitation, increased air temperature and, as a result, increased evaporation. Increasing aridity of the climate, variability and extremes of climatic phenomena will create stressful conditions for forest vegetation.

The proposed method can be used as the base for adaptation and mitigation measures development, and their correction. The developed approach makes it possible to identify and map the hot spots/regions as a priority for the preparation of the adaptation measures. Further studies with a comprehensive approach including national forest inventory data, climate and local site conditions are necessary.

Acknowledgment. The authors are grateful to Maksym Buksha, freelance IT/GIS expert (mak.buks@gmail.com) for his valuable help with data processing

and mapping and to the two reviewers 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 are also very grateful to the World Bank project “Assessment of the Impact, Opportunities and Priorities of Climate Change in Ukraine” for help with access to climate data and support of research.

We would like to thank the Armed Forces of Ukraine, local Territorial Defense Forces, Volunteers, and the entire Ukrainian nation for providing security to perform this work.

References

- Bowditch, E., Santopuoli, G., Binder, F., del Río, M., La Porta, N., Kluvankova, T., ... Tognetti, R. (2020). What is Climate-Smart Forestry? A definition from a multinational collaborative process focused on mountain regions of Europe. *Ecosystem Services*, 43. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2020.101113>
- Brichta, J., Vacek, S., Vacek, Z., Cukor, J., Mikeska, M., Bílek, L., ... Štefančík, I. (2023). Importance and potential of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in 21-st century. *Central European Forestry Journal*, 69, 3-20. <https://doi.org/10.2478/forj-2022-0020>
- Buksha, I.F., Pyvovar, T.S., Buksha, M.I., Pasternak, V.P., & Buksha, T.I. (2021). Modelling and forecasting the impact of climate change on forests of Ukraine for 21-st century time horizon. *Forestry ideas*, 27, 2 (62), 470-482.
- Buras, A., & Menzel, A. (2019). Projecting Tree Species Composition Changes of European Forests for 2061-2090 Under RCP 4.5 and RCP 8.5 Scenarios. *Frontiers in Plant Science*, 9, 1986. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01986>
- Didukh, Y.P. (2011). *The Ecological Scales for the Species of Ukrainian Flora and Their Use in Synphytoindication*. Kyiv: Phytosociocentre.
- Dyderski, M.K., Paż, S., Frelich, L.E., & Jagodziński, A.M. (2018). How much does climate change threaten European forest tree species distributions? *Global Change Biology*, 24, 1150-1163. <https://doi.org/10.1111/gcb.13925>
- IPCC AR5. 2014. *Climate Change* (2014). Impacts, Adaptation and Vulnerability. Technical Summary, WG AR5, 36. Data Distribution Centre. Retrieved from: http://sedac.ciesin.columbia.edu/ddc/ar5_scenario_process/RCPs.html
- IPCC, 2022: *Climate Change* (2022). Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 3056 pp. <https://doi.org/10.1017/9781009325844>
- Jacob, D., Petersen, J., Eggert, B., Alias, A., Christensen, O.B., Bouwer, L.M. ... Yiou, P. (2014). EURO-CORDEX: New high-resolution climate change projections for European impact research. *Regional Environmental Change*, 14, 563-578. <https://doi.org/10.1007/s10113-013-0499-2>
- Krakovska, S., Shpytal, T., Chyhareva, A., Pysarenko, L., Trofimova, I., & Kryshchok, L. (2022). Ensembles of Euro-CORDEX RCMs for assessment of specialized climate indices in Ukraine, EGU General Assembly 2022, Vienna, Austria, 23-27 May 2022, EGU22-10724. <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu22-10724>
- Meshkova, V. (2021). The Lessons of Scots Pine Forest Decline in Ukraine. *Environmental Sciences Proceedings*, 3(1), 28. <https://doi.org/10.3390/IECF2020-07990/>
- Shvidenko, A., Buksha, I., Krakovska, S., & Lakyda, P. (2017). Vulnerability of Ukrainian Forests to Climate Change. *Sustainability*, 9(7), 1152. <https://doi.org/10.3390/su9071152>
- Temperli, C., Bugmann, R., & Elkin, C. (2012). Adaptive management for competing forest goods and services under climate change. *Ecological Applications*, 22(8), 2065-2077. <https://www.jstor.org/stable/41723002>
- Vacek, S., Vacek, Z., Bílek, L., Simon, J., Remeš, J., Hůnová, I., ... Mikeska, M. (2016). Structure, regeneration and growth of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands with respect to changing climate and environmental pollution. *Silva Fennica*, 50(4), article id 1564. 21 p. <http://dx.doi.org/10.14214/sf.1564>
- Zibtsev, S., Georg Goldammer, J., Soshenskii, O., & Gumeniuk, V. (2022). Transformation of Forests to Close-to-Nature Forest Management in Ukraine: Nature-based silvicultural and fire management methods for increasing the resilience of pine stands to drought and wildfire, EGU General Assembly. Vienna, Austria, 23-27 May 2022, EGU22-13361. <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu22-13361>
- Бойченко, С.Г. (2008). *Напівемпіричні моделі та сценарії глобальних і регіональних змін клімату*. Київ: Наукова думка [Boychenko, S.G. (2008). *Semi-empirical models and scenarios of global and regional climate changes*. Kyiv: Scientific thought] (in Ukrainian)
- Дідух, Я.П., Плюта, П.Ф. (1994). *Фітоіндикація екологічних факторів*. Київ: Наукова думка [Didukh, Y.P., & Pluta, P.F. (1994). *Phytoindication of ecological factors*. Kyiv: Scientific thought] (in Ukrainian)
- Генсірук, С.А. (2002). *Ліси України*. Львів: Наук. т-во ім. Шевченка [Gensiruk, S.A. (2002). *Forests of Ukraine*. Lviv: Shevchenko Scientific Society Publishing House] (in Ukrainian)
- Мешкова, В.Л., Борисенко, О.І. (2021). *Прогнозування поширення пожеж та осередків шкідливих комах у соснових лісах засобами ГІС*. Харків: Планета-Прінт [Meshkova, V., & Borysenko, O. (2021). *Forecasting the distribution of fire and harmful insects in pine forests by GIS*. Kharkiv: Planeta-Print] (in Ukrainian)

- Парпан, В., Шпарик, Ю., Слободян, П., Парпан, Т., Коржов, В., Бродович, Р., ... Чебан, І. (2014). Особливості ведення лісового господарства в похідних ялиниках Українських Карпат. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 12, 178-185 [Parpan, V., Shparik, Y., Slobodyan, P., Parpan, T., Korshov, V., Brodovich, R., ... Cheban, I. (2014). Forest management peculiarities in secondary Norway spruce (*Picea abies* (L.) H. Karst.) stands of the Ukrainian Carpathian. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 12, 178-185. Retrieved from <http://fasu.nltu.edu.ua/index.php/nplanu/issue/view/6>] (in Ukrainian)
- Швиденко, А.З., Букша, І.Ф., Краковська, С.В. (2018). *Уразливість лісів України до зміни клімату*. Київ: Ніка-центр [Shvidenko, A.Z., Buksha, I.F., & Krakovska, S.V. (2018). *Vulnerability of Ukrainian Forests to Climate Change*. Kyiv: Nika-centr] (in Ukrainian)

Оцінка уразливості лісів України як основа природо-орієнтованих рішень для запобігання та адаптації до зміни клімату

І.Ф. Букша¹, Т.С. Пивовар², М.А. Бондарук³,
В.П. Пастернак⁴, С.В. Краковська⁵

Широкий діапазон кліматичних умов в Україні зумовлює значні регіональні відмінності в уразливості лісів до сучасної швидкої зміни клімату.

¹ Букша Ігор Федорович – член-кореспондент Лісівничої академії наук України, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник. Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г.М. Висоцького, вул. Пушкінська, 86, Харків, 61024, Україна. Тел.: +38-057-707-80-57. E-mail: buksha@urifim.org/ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7198-6485>

² Пивовар Тетяна Сергіївна – член-кореспондент Лісівничої академії наук України, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник. Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г.М. Висоцького, вул. Пушкінська, 86, Харків, 61024, Україна. Тел.: +38-057-707-80-44. E-mail: pyvovartatiana@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7250-8549>

³ Бондарук Марина Анатоліївна – кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник. Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г.М. Висоцького, вул. Пушкінська, 86, Харків, 61024, Україна. Тел.: +38-057-707-80-44. E-mail: bm1961@ukr.net

⁴ 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. Пушкінська, 86, Харків, 61024, Україна. Тел.: +38-057-707-80-44. E-mail: pasternak65@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1346-1968>

⁵ Краковська Світлана Володимирівна – кандидат фізико-математичних наук, старший науковий співробітник. Український гідрометеорологічний інститут, проспект Науки, 37, Київ, 03028, Україна. E-mail: svitlanakrakovska@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9972-0937>

Стратегія пом'якшення/адаптації має ґрунтуватися на оцінюванні їхньої вразливості на регіональному рівні. Для оцінювання уразливості лісів використано фітоіндикаційну модель проф. Я.П. Дідуха (1994). Модель забезпечує кількісну оцінку клімату як одного з основних екологічних чинників, що впливає на поширення, стан і продуктивність рослинності на основі кліматичних показників – континентальності, забезпечення вологою та морозостійкості. Для цих показників розраховано шкали кліматичної придатності. Моделювання здійснювали для основних деревних видів: *Pinus sylvestris* L., *Quercus robur* L., *Fagus sylvatica* L., *Picea abies* (L.) H. Karst, *Betula pendula* Roth., *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. і *Robinia pseudoacacia* L. Використовували прогнози клімату на основі часових рядів Euro CORDEX (до 2100 р.) та два сценарії репрезентативних шляхів концентрації (RCP 4.5, RCP 8.5). За допомогою Q-GIS створено карти, що містять зони придатності кліматичних умов для кожного з досліджуваних видів дерев за поточних і майбутніх кліматичних змін. Результати дослідження свідчать, що зміна кліматичних умов відбудеться в усіх регіонах України. У Карпатах очікується зміщення рослинних поясів за висотою, для рівнинної частини України – у північному напрямку. Майже всі досліджені деревні види чутливі до вологості клімату, яка має тенденцію до зменшення внаслідок перерозподілу опадів, підвищення температури повітря і, як наслідок, посилення випаровування. Підвищення посушливості клімату, мінливості та екстремальності кліматичних явищ створюватимуть стресові умови для лісової рослинності.

Розглянуто напрями посилення пом'якшувальної та адаптаційної здатності лісів. Основним напрямом природокористування є адаптивне стає лісове господарство, яке передбачає: 1) оптимізацію структури землекористування та збільшення лісистості; 2) розроблення та реалізацію національної програми лісового господарства з урахуванням пріоритетів зміни клімату та низьковуглецевого розвитку; 3) використання деревини для заміни матеріалів, що інтенсивно виділяють парникові гази, і викопного палива; 4) впровадження найкращих практик лісового господарства, що базуються на сучасних принципах кліматично орієнтованого лісівництва.

Стратегію управління лісами потрібно розробляти на регіональній основі з урахуванням змодельованого кліматичного стану та видового складу деревостанів, який має базуватися на принципах ведення кліматично обґрунтованого лісівництва та поглибленого вивчення біоекологічних характеристик основних лісотвірних видів. Для досягнення цілей Паризької угоди в Україні необхідно розробити та впровадити національну лісову програму з урахуванням пріоритетів зміни клімату, низьковуглецевого розвитку та посилення міжгалузевої співпраці.

Ключові слова: RCP 4.5; RCP 8.5; Euro CORDEX; кліматичні тренди; адаптивне лісове господарство.



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

<http://fasu.nltu.edu.ua>
<https://doi.org/10.15421/412312>
Article received 2023.05.23
Article accepted 2023.11.23

ISSN 1991-606X print
ISSN 2616-5015 online
@ ✉ Correspondence author
Irland, Lloyd C.
lcirland@gmail.com
174 Lord Road, Wayne, ME 04284, USA

UDC 630*652.4 : 630*652.54

Russian Invasion: Rapid Assessment of Impact on Ukraine's Forests

L. C. Irland¹, L. Iavorivska², S. Zibtsev³, V. Myroniuk⁴, B. Roth⁵, A. Bilous⁶

The War has had serious effects on Ukraine's forests, in the form of direct damage and fires caused by various munitions. Important damage, though, includes extensive minefields, dud ordnance, and booby traps which are causing forests to be closed to all activities. A study using remotely sensed data reveals that in 2022, more than 70,000 ha of the forests suffered severe destruction and damage due to shelling, fires, and illegal logging by occupying forces.

Substantial efforts and innovative strategies are needed to address reforestation and restoration in the face of future climate change. In much of the steppe region and adjacent areas, forests and shelterbelts have been under stress already. The loss of shelterbelts in these regions can compromise future harvests due to rising droughts, sandstorms, soil erosion, and other environmental challenges. Important damage, though, is not visible in drone images: extensive minefields, dud ordnance, and booby traps are causing forests to be closed to all activities. Simply completing damage assessments and developing plans for addressing these issues will be an enormous task, involving all agencies, private groups, and local governments concerned with forests, and with international support.

Difficult decisions on priorities will be required. Planning is underway on an international basis for programs of demining, bolstering fire management systems, and initiating restoration programs. An overstressed forest fire control system will need to be redesigned to handle future challenges. Shelterbelts will in many instances recover naturally on their own as it will be too hazardous for active restoration measures until demining is done, a task that will take decades. Full restoration of normal, safe activity in the rural areas and forests will only be achieved generations in the future. This paper presents a rapid assessment of the immediate issues and important longterm concerns.

Key words: damage assessments; forest fires; forest release; landscape restoration; shelterbelts.

¹ Irland, Lloyd C. – PhD, Founder and president, The Irland Group, 174 Lord Road, Wayne, ME 04284, USA. Phone: 0011-1-207-685-9613, lcirland@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0637-2609>

² Lidiia Iavorivska – PhD, PostDoc Position, College of Earth & Mineral Sciences, Pennsylvania State University, 319B EES Building University Park, PA 16802, USA. Phone (cell): 814-321-1419. E-mail: lui100@psu.edu ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6224-6271>

³ Sergiy Zibtsev – Full Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Professor, Doctor of Agricultural Sciences, National University of Life and Environmental Sciences (NUBiP) of Ukraine, 15 Geroiv Oborony st., Kyiv, Ukraine, 03041. Tel.: +38(044)527-85-23. E-mail: sergiy.zibtsev@nubip.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0684-9024>

⁴ Viktor Myroniuk – Full Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Forest Mensuration and Forest Management at National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 15 Geroiv Oborony st., Kyiv, Ukraine, 03041. Tel.: + 38(044)527-85-23. E-mail: victor.myroniuk@nubip.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5961-300X>

⁵ Roth Brian – Ph.D, Executive Director, Forest Release and Independent consultant. E-mail: Rothb19699@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0510-1500>

⁶ Andrii Bilous – Full Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Professor, Doctor of Agricultural Sciences, Head of the Department of Forest Mensuration and Forest Management at National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 15 Geroiv Oborony st., Kyiv, Ukraine, 03041. He currently (Dec. 2023) serves on the front lines with the Army. Tel.: + 38(044)527-85-23. E-mail: bilous@nubip.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7589-4307>

Introduction. European history is pockmarked with shell holes. On a church wall in Lviv, Ukraine, tourists are shown a cannonball removed from the masonry after a 17th-century siege by the Turks. World War One anniversaries in 2018 spawned assessments of the lingering effects of major battles; farmers continued to pull dud artillery rounds out of fields where they rose to the surface with the frost (Hemmings, 2019; Taylor, 2018). Even in 1944, 26 years later, US soldiers moving through the killing fields at Verdun passed shell holes that had not yet revegetated (Ataman, 2018; Irland, 2004). Entrenchments from World War Two, left as memorials, can be seen in Kyiv today.

War has returned to what historian Timothy Snyder memorably termed The Bloodlands (Plokhyy, 2023; Kimmage, 2023). The unfolding tragedy of the Russian invasion is creating impacts on forests, woodlands, and rural landscapes of unprecedented geographic extent – likely long into the future. Never the actual targets, the forests have suffered massive collateral damage. When the guns fall silent, those responsible for the forests, and those who live near them and depend on them, will face immense losses, long-term costs, and risks. Ukrainian Prosecutor General, Andriy Kostin, estimates that “approximately 30% of Ukraine’s territory – 174,000 sq. km – is contaminated with explosive objects, and over 2.4 million ha of forests are damaged”. Press attention to the issue has been extensive (e.g., RFE/RL, 2022, 2023; Economist, 2023; Reese, 2023; Giles, 2023; WWF-Ukraine, 2022) and refereed studies in English-language publications are appearing (Prins, 2022; Myroniuk, et al., 2023; Shumilo, 2023). The reactions of the international community have led to boycotts on Russian lumber exports, with significant effects (Irland, 2023).

Methods and Materials. This article reports a brief Rapid Assessment. This methodology is based on opportunistic means of gaining a good sense of situations and issues by a combination of methods (see, e.g., Beebe, 2014). Assessment of press reports, review of existing scientific and grey literature, and analysis of existing data are common methods. These are supplemented by interviews with individuals with close acquaintance with the subject. Interviewees for this Assessment included Ukrainian soldiers serving at the front, US experts on munitions effects, an American soldier with demining and unexploded ordnance experience, and a retired American NCO with experience in armored warfare. In addition, the principal author has experience in combat in the field artillery.

Areas Affected by Military Operations. It is easily forgotten that the war actually began in 2014. While most of the visible damage is from present-day combat, many areas have been vulnerable to sporadic rocket and other attacks for many years. The incursions of Winter 2022 were quickly repulsed, leaving damage at lower levels than the intense combat in the eastern counteroffensive of Summer 2023. Areas directly within range of artillery range up to 40 km or more on either side of the margins of occupied areas.

A depopulated zone, spanning 10 kilometers in width (about 10,000 km² area) and situated within range

of Russian artillery, exists along Ukraine’s northern border with Belarus and Russia. Relentless shelling persists from across the border, resulting in forest fires (the region primarily consists of highly flammable pine forests), the destruction of homes, and pollution due to ammunition, including unexploded ordnance. Consequently, residents are fleeing the northern Ukrainian territories in the Chernihiv and Sumy regions and seeking refuge elsewhere. In the future, the frequency and intensity of forest fires in this zone may rise since foresters are unable to safely gain access to these wooded areas. Similar conditions exist at present in the East.

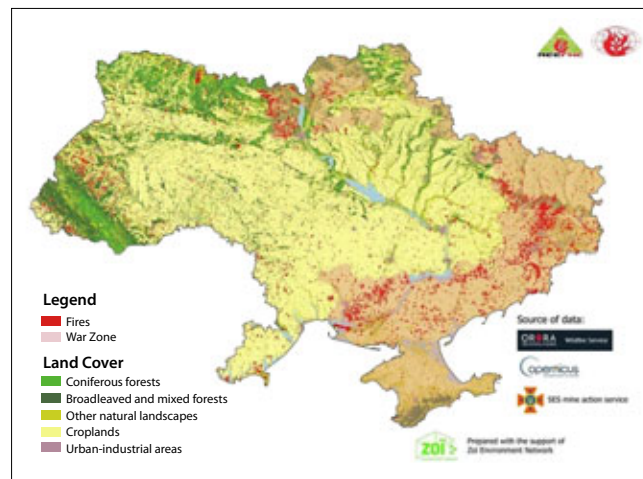


Fig. 1. Ukraine fires Jan 2023 to Oct 31, 2023.
Source: Myroniuk, pers. Comm.

Chornobyl Exclusion Zone. The Chornobyl Exclusion Zone (CEZ) stretches more than 100 km near the state border of Belarus and Ukraine. It was occupied by invading Russian troops within one to two days, who established control of the decommissioned Chornobyl Nuclear Power Plant. Occupying troops were not informed about personal protective measures against radiation exposure, and many cases of radiation impact were reported (Radynski, 2023). Before February 2022, a major forest fire had occurred: in April 2020 of more than 70,000 ha. In March 2022 another fire of 25,000 ha damaged Scotch pine forests’ health, productivity, and biodiversity. Measurements show that these fires release radiation hazards. Massive contamination by unexploded ordnance (UXO), booby traps, and land mines were left behind by the retreating invaders near roads, along fighting positions, and other strategic points.

For the moment, UXO and landmines are major obstacles to managing forest health and forest fires. The Global Fire Monitoring Center in Freiburg, Germany, under the leadership of Professor Johann Georg Goldammer, developed a system of safe prescribed burning of contaminated terrains that soon may be tested in Ukraine in CEZ (Goldammer, et al., 2016). If successful, the government of Ukraine will seek opportunities to more widely apply it. Elsewhere, the forests suffer serious effects, some easily visible and others not obvious to the naked eye but far more widespread and long-lasting.

Visible Effects. *Increases in Fires.* During the warmer seasons, large areas of eastern and southern Ukraine are prone to fire. In the immediate area of infantry contact, tracer ammunition and short-range infantry-carried missiles will start fires. Ignitions can be caused by artillery fire, rockets, tank rounds, phosphorus shells, flares, burning vehicles, and other munitions (Zibtsev, et al., 2023). At training bases in the US, live-fire exercises with infantry weapons and tank weapons are halted during high-fire danger periods.

Ukraine has an extensive system that detects fire occurrences by satellite. In January 2022, only 1,900 ha

burned nationwide; in March, the area burned reached 307,000 ha during a time when fire activity is usually nominal. Using remotely sensed data, intensity of combat was compared with fire incidence in a series of “buffer” areas at greater distances from the front lines. Total areas burned reached more than 1.1 million ha by end October 2023, a land area roughly half that of Kyiv Oblast (Tab.). While a great deal of this was agricultural and other natural land, the impact on forests has been large. The warfare has led to fire numbers and area burned far beyond the capacity of fire services to manage (Fig. 2A, 2B).

Table. Landscape areas burned, 2022 to October 31, 2023. Hectares

Year	Unknown	Forest		Other Natural	Agricultural	Settlement	Total
		Coniferous	Broadleaved				
2022	1,620	31,479	26,924	272,424	419,980	6,191	758,618
2023	1,025	14,895	11,720	128,373	236,448	1,919	394,380
Total	2,645	46,374	38,644	400,797	656,428	8,110	1,152,998

Source: V. Myroniuk, pers. comm. December 2023.

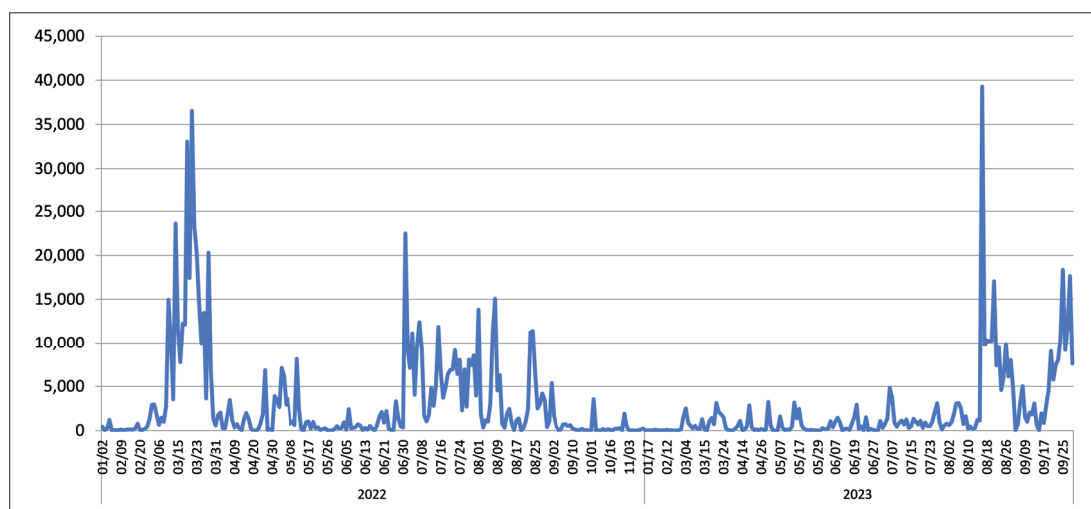


Fig. 2A. Daily area burned, January 1, 2022 to October 31, 2023

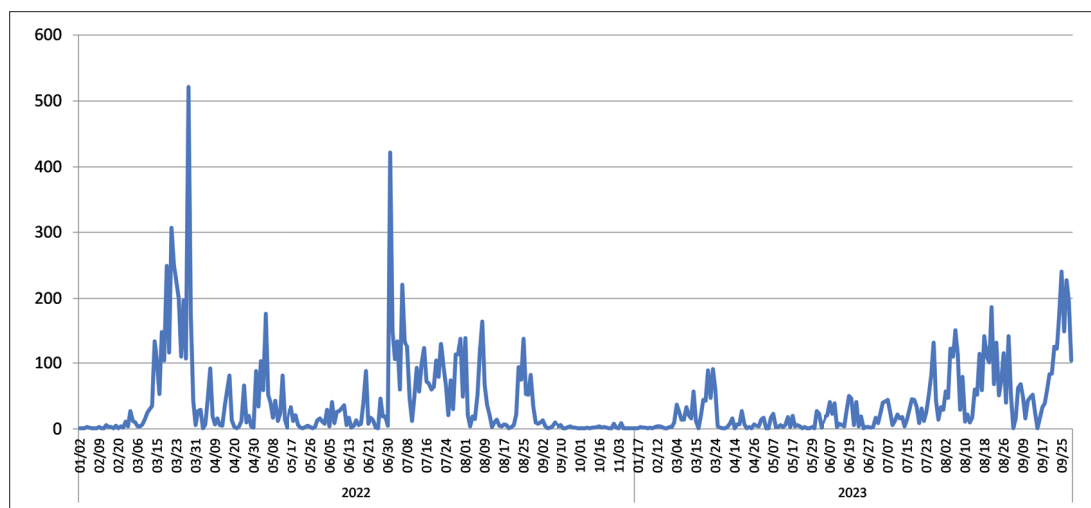


Fig. 2B. Number of fires, January 1, 2022 to October 31, 2023

More than 45% of fires by the number and 42.9% by burnt area occurred in the 5 km buffer, where the combat was most intense. In the buffer of 25 km, 62.1% of all fires by number and 66% by area were recorded (Fig. 3).

To compare combustibility and fire density during the fire season 2022 with the fire norm before the war, an analysis was also conducted for 2013, which is the best corresponding year with similar Fire Weather Index values and the absence of shelling. Combustibility in the same buffers was greater by 2.65 to 3.85 times compared with the 2013 fire season ($F_r = 7.9$ $p=0.01$); fire density was higher by 1.77 to 2.44 times in 2022. This difference was also statistically significant ($F_r=4.31$ $p=0.05$) (unpublished research by S. Zibtsev and co-workers). Many of the fires are surface fires in the litter and ground cover; Numerous photos show scorching that in some stands will cause growth loss and insect infestations in the future (Fig. 4). Insects are already an emerging issue in some areas (e.g. Zhezhkun and Parohnyach, 2020; Goldammer, 1979, 2013).

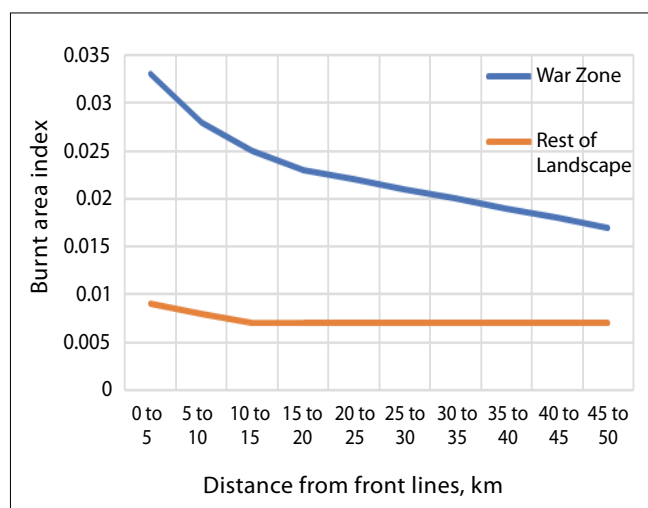


Fig. 3. Area burned per 1,000 ha, by zone from front lines or rest of landscape (Zibtsev, unpublished)

In territory that was liberated in the spring of 2022 (Sumy and Chernihiv regions), the duration and intensity were lower with significantly fewer fires. At the time of this writing in December 2023, prolonged action in the counteroffensive is producing locally extreme, high levels of artillery combat and resulting damage. Forest district offices on the eastern fronts of the Kharkiv Region were looted during occupation from February 2021 to October 2022. In addition to firefighting equipment, forest inventory equipment was also stolen. There is a need for metric GPS and inventory (calipers, clinometers, tape measures, etc.) and also, ATVs for mobile firefighting equipment.

A study using remotely sensed data reveals that in 2022, more than 70,000 ha of the forests suffered severe destruction and damage due to shelling, fires, and illegal logging by occupying forces (Dr. Andrii Bilous, personal communication). Of particular concern is the extensive harm inflicted on plantations that play a crucial role in soil erosion prevention, as well as the

substantial loss of shelterbelts. Urban trees also fell victim to the ravages of battle.

Also visible in the abundant drone imagery is the routine disruption and rutting of muddy rural and forest roads, minor bridges, and ditches by repeated passage of heavy armored vehicles, self-propelled guns, and massive demining machinery. This widespread damage will be costly to repair to restore their use to ordinary civilian vehicles and mitigate ongoing erosion and sedimentation into waterways (Popkin, 2023).



Fig. 4. Ground fire with scorching on bole. In one or more years, this may not be visible from aerial imagery or drone surveys. Photo Andriy Bilous

Entrenchments – Positional Warfare. By midsummer 2023, hundreds of miles of territory had been bisected by trench lines. There are as many as three of them on the invader's side and at least one on the Ukrainian side (Fig. 5). Where offensive operations attempt to penetrate the lines, artillery fire is concentrated in massive amounts, further churning up the landscape and leaving behind dud projectiles. The fortifications themselves cause damage; repairing such areas will be costly.

Invisible Threats. In contrast to the visible effects detectable from above or by roadside "windshield cruises", far wider areas are damaged by invisible effects. These are mines, shrapnel, duds, and booby traps.

Minefields. In front of the trenches are wide bands of minefields, totaling millions (HRW, 2023; Sampson and Granados, 2023). Modern engineering has provided fiendish devices for placing them: there are tracked vehicles that lay mines as if they were simply drainage pipes. Artillery shells exist that will lay antipersonnel mines, bury them for concealment, never touched by human hands. A mobile rocket launcher is

capable of firing 50 mines in one volley with a range of up to 12 km (Fig. 6). During offensives, demining is conducted only on lanes needed to move troops and vehicles to the points of contact. Thus, a defense line that has been breached has not been cleared of hazards over its entire length.

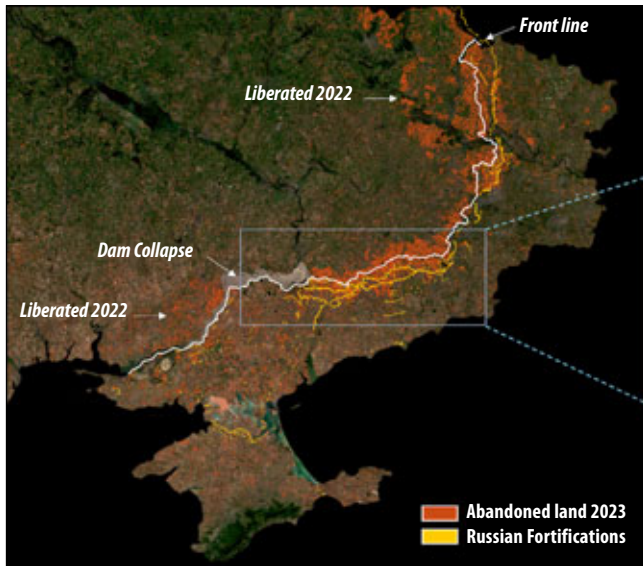


Fig. 5. Eastern Ukraine, entrenchment systems along hundreds of km of front. Source: NASA



Fig. 6. Expended projectile from rocket mine launcher

Antipersonnel mines pose a significant threat to both humans and wildlife. For instance, foxes, known for their curiosity and habit of digging the ground when intrigued by unusual scents, frequently fall victim. The invisible effect of mining activity can cause vast areas of forests to be declared off-limits to any activity until safe. The search and certification process will take many years, as accurate maps of minefields often do not exist.

Shrapnel. Shrapnel remains in trees from small-arms bullets, artillery bombardment, and tank clashes (Fig. 7). This is invisible to aerial imagery, though often locatable on the ground by damage to foliage and branches. In areas of heavy artillery usage, trees peppered with shrapnel are likely in most of a stand. Most fuses will detonate on contact with branches. This is even more so in the case of deliberate airbursts above the canopy.



Fig. 7. Shrapnel collected from battlefield

Unexploded Ordnance. Amidst the military jargon in the press, a new and ominous term enters our lexicon: UXO or unexploded ordnance. This is military speak for duds (Fig. 8). The dud rate of fuses on Soviet-era ammunition is said to be high. While most of that has been expended by this writing, the UXO problem is daily becoming more severe. The duds are unintended mines. In some areas, retreating invaders have left behind booby traps.



Fig. 8. UXO: mortar round half buried in forest floor.
Photo Andriy Bilous

Artillery: “The Final Argument of Kings”. The muzzle of a 19th-century Prussian field gun at the US Army Artillery Museum at Fort Sill, Oklahoma bears this motto in Latin. Experts describe this as an artillery war. Ammunition expenditures have been immense – surely millions of rounds, most of explosive-power higher than seen in past wars. Drone and satellite images (Fig. 9) illustrate vast fields of shell craters attesting to this.

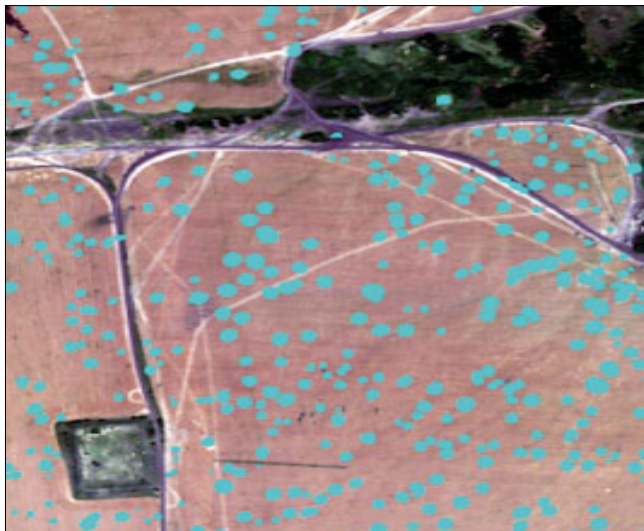


Fig. 9. Shell craters detected by satellite. NASA

The principal artillery of most modern armies is now the 155 mm howitzer. Howitzers are no longer basically “area fire” weapons. Improved metallurgy, highly accurate and prompt location data for both guns and targets and electronic fire direction have improved accuracy and responsiveness. Guided shells exist but are costly. They are used against point targets such as tanks, missile launchers, and supply dumps. Projectiles weigh 90 to 100 pounds and have a casualty radius of up to 100 meters (Catovic and Kljuno, 2021; UN, 2014). The standard high-explosive shell splits into many fragments on detonation, injuring personnel, and damaging vehicles and any nearby trees. Fuzes may be detonated by branches of the trees. Size and depth of shell craters vary by soil type, moisture content, and many other factors (Fig. 10). Research indicates that 155 mm rounds produce craters about 1.7 meters in diameter (Kennedy, 1982). This is very similar to results reported for early 1940’s Soviet 152mm rounds (Korhonen, 1999-2006) who suggests a typical radius of 3 meters and depth of half that. These old estimates do not account for differences in spoils or modern propellants and casing designs.

Both sides now use cluster bombs, formally known in the US as innovative conventional munitions, or ICM (a euphemism if there ever was one). Even small-caliber artillery can deliver these, as can rockets. These are shells that open up above the ground and shower it with numerous small bomblets. Some of these fail to detonate and remain as hazards for some time.

Experienced, well dug-in and well-led troops can withstand severe bombardment. This means that posi-

tional warfare leads to high ammunition expenditures in concentrated areas. Long ranges of current artillery mean that a swath up to 40 km on each side of the line of contact can be affected.



Fig. 10. Closeup of shell crater

Shelterbelts and windbreaks are used as cover. Attacks on vehicles and entrenched positions in and near forests fill the trees with shrapnel, endanger them with fires, and leave behind numerous craters. Artillery positions are now readily detected. In maneuver operations, a unit must “shoot and scoot” to avoid counterbattery fires. Typically, in positional warfare, artillery operates from a safe distance to minimize risks, often at its maximum effective range. It relies on semi-permanent or permanent enclosed positions known as a “firebase” because finding a new suitable position is challenging. Frequent, long-distance movements of artillery can make it more vulnerable to detection by enemy drones.

Ironically, extraordinary improvements in accuracy, especially with revolutionary guided 155 mm guided projectiles, rockets, and infantry portable antitank rockets, have not led to lower ammunition expenditures. Automatic, speedy reloading systems encourage high rates of fire, to the point of accelerating tube wear and loss of accuracy. The intensity and desperation of combat have led to lavish ammunition usage and unprecedented collateral damage for every unit of actual military effect.

Discussion: Needs and Responses. A major need is to strengthen measures for organizing incident commands for individual fires (Zibtsev, et al., 2023). While the Ukrainian State Emergency Services has an incident command system, the state enterprise, Forests of Ukraine, charged with fire protection on over 7.2 million ha, does not. The existing fire protection system is designed for early detection and rapid response; it is not designed for the challenges now being faced with large campaign fires. The Ukrainian Fire Service is working to arrange for training in the US and Canada on management systems used for this purpose. Huge amounts of specialized safety gear are needed for forest managers, loggers, and demining personnel.

Modern armies have developed impressive, massive mine-clearing vehicles, but these are designed for clearing narrow lanes in open areas. They are useless in woods and windbreaks, where detecting and clearing mines and UXO must be conducted by World War I methods that are labor intensive, exacting, exhausting, and dangerous. Recruiting, training, equipping, and managing demining workers will be a huge administrative task.

A group of North American forest professionals concerned with developments in Ukraine has formed a non-profit, non-governmental organization called Forest Release (forestrelease.org) to assist with efforts to make Ukraine's forests safe, productive, and sustainable. The term "forest release" refers to terminology from the International Mine Action Standards defining when an area is declared clear of landmines and UXO so that forests can be safely entered for management, operations, and recreation.

Forest Release is based in Maine and is led by Brian Milakovsky and Dr. Brian Roth. Its mission is to improve the livelihoods and well-being of forest users and managers in former conflict zones. The group provides humanitarian support for the donation and distribution of forest firefighter safety gear, funding for Ukrainian UXO education, and non-technical survey teams. Ultimately, the group aims to support local landmine and UXO disposal teams. Furthermore, it is crucial to adapt the timber processing industry in Ukraine to include the detection of metal fragments within the wood.

To increase effectiveness of donation use an Ukrainian counterpart of Forest Release is being established. It will be called "Ukrainian Forest Safety Center" (UFSC) and has status of public non profit organisation. Its main efforts will be concentrated on training of forestry personnel of different agencies (military forestry, communal forestry, state forestry) to use the National Intergrated Landscape Fire Strategy approach (<https://nubip.edu.ua/en/node/9087/11>), prevention, preparedness, use of special equipment (military helmets, military life vests and standard fire management gear like protective uniforms for firefighters, radio stations, water pumps, hoses, drip torches and hand tools) during fire suppression in forests contaminated by unexploded ordnance and mines. UFSC will be closely cooperating with the Regional Eastern Europe Fire Monitoring Center (REEFMC) and US counterparts in donation collection and transfer, training, and developing a national system of incident management based on the US Incident Command System. (UFSC can be reached through Volodymyr Braiko at vbb0703@ukr.net).

Substantial efforts and innovative strategies are needed to address reforestation in southern and eastern Ukraine in the aftermath of the war and in the face of climate change. The loss of shelterbelts in these regions can result in future harvest failures due to rising droughts, sandstorms, soil erosion, and other environmental challenges (Listopadsky, 2015) (Fig. 11).

Issues for these belts have long been discussed as well (Kovalenko, et al., 2021). The challenges are several: the extensive mining and UXO hazards will have to be cleared in the shelterbelts themselves before

work can begin. Badly cratered fields will have to be regraded and smoothed over after demining. To enable all this, rural roads and farm lanes will first have to be demined and certified safe. Finally, these shelterbelts in many instances date back to the 1930s, when climate and farming methods were different. New varieties of plant material and cultural methods for restoration will be needed to ensure future climate resilience (e.g. Mize, et al., 2008; Rempel, et al., 2017; Schoeneberger, et al., 2017). Needs of modern agricultural methods may call for rearrangement of their layouts on the land. Setting priorities will be challenging. Already programs are in development to mobilize support for these and other restoration and mitigation issues (e.g., Forest Europe, 2023).



Fig. 11. Farm landscape with shelterbelts and wetlands. Google Earth

We expect that future assessments and research will likely lead to revisions in some of our present judgments – possibly most of them – and surely will elaborate needed local details and operational practices.

Honoring the Fallen. A sensitive issue arises after fierce battles, as numerous soldiers from both sides perished and were either buried in shelterbelts or left above ground. Moving forward, there is a need to locate and commemorate all of these fallen soldiers, and many forests will serve as memorials in their honor.

Peace Will Bring a New and Different War. One day the tanks will be back in their vehicle parks, weapons locked in the armories, and the reservists "back on the block", as soldiers say. Thereafter, generations will inherit an ongoing war against the dangers and costs of clearing mines and UXO, smoothing over shell holes and filling in abandoned trench lines, and restoring farms, fields, and forests (Fig. 12) to safe and normal uses. Care for the forests and shelterbelts will necessarily take a lower priority after meeting basic human needs, restoring active agriculture, and rebuilding housing, cities, and infrastructure. Combat will be followed by a prolonged, costly, and dangerous cold war against the long-term invisible threats described here, as well as restoration actions. Young soldiers now serving will be old men before these tasks are completed.



Fig. 12. Fires in Rubizhne area, June 2022.
Planet.com by permission

Acknowledgements: Many thanks to all who helped us with data, photos, and interviews in doing this work. Also, those who read and commented on earlier versions. This article is an expansion and revision of one published in December 2023 in *Forestry Source*, a publication of the Society of American Foresters.

References

- Ataman, J. (2018). A poisoned memorial to World War I: The forests of Verdun. *CNN World*. Retrieved from <https://www.cnn.com/2018/11/10/europe/verdun-world-war-1-centenary-intl/index.html>
- Beebe, J. (2014). *Rapid qualitative inquiry: A field guide to team-based assessment*. 2d Ed. London, UK: Rowman & Littlefield
- Catovic, A., & Kljuno, E. (2021). A novel method for determination of lethal radius for high-explosive artillery projectiles defense. *Technology*, 17(4), 1217-1233. <https://doi.org/10.1016/j.dt.2020.06.015>
- Economist (2023, January 14). Little green mayhem: The war has devastated the environment, too. *The Economist*, p. 45. Retrieved from <https://www.economist.com/europe/2023/01/12/the-war-has-devastated-ukraines-environment-too>
- FAO (2010). *Global Forest Resources Assessment 2010: Country Report: Ukraine*. Rome. FRA2010/219. Retrieved from <https://www.fao.org/forestry/20469-0386554ac5f16c28febe66087795f6cfc.pdf>
- Forest Europe (2023). Supporting the recovery and sustainable management of Ukrainian forests and Ukraine's forest sector. Bonn, Germany: Forest Europe Liaison Unit Bonn. Retrieved from <https://foresteurope.org/wp-content/uploads/2023/08/Supporting-the-recovery-and-sustainable-management-of-Ukrainian-forests-and-Ukraines-forest-sector-Final-report.pdf>
- Giles, C. (2023). A new tool shows what war has done to Ukraine's forests. *Bellingcat*. Retrieved from: <https://www.bellingcat.com/resources/2023/08/18/a-new-tool-shows-what-war-has-done-to-ukraines-forests/>
- Goldammer, J.G. (1979). Der Einsatz von kontrolliertem Feuer in Forstschutz. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung*, 150(2), 41-44 [Goldammer, J.G. (1979). The use of controlled fire in forest protection. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung*, 150(2), 41-44] (in German)
- Goldammer, J.G., Brunn, E., Hartig, S., Schulz, J., & Mayer, F. (2016). Development of technologies and methods for the application of prescribed fire for the management of *Calluna vulgaris* heathlands contaminated by unexploded ordnance (UXO). *Naturschutz Und Biologische Vielfalt*, 152, 87-21. Retrieved from <https://gfmc.online/wp-content/uploads/GFMC-Publication-RX-Burning-UXO-Terrain-2016.pdf>
- Hemmings, J. (2019). *The damage done to Europe's forests by the World Wars – with many effects still being felt today*. *War History Online*. Retrieved from <https://www.warhistoryonline.com/instant-articles/the-damage-europes-forests.html>
- Human Rights Watch (HRW) (2023). *Landmine use in Ukraine*. Retrieved from <https://www.hrw.org/news/2023/06/13/landmine-use-ukraine>
- Irland, L. C. (2004). Christmas in Belgium, reflections on my father's war and my own. *The Maine Scholar*, 16, 11-16.
- Irland, L. C. (2023). What does the war in Ukraine mean for the US lumber market? *The Northern Logger*, June, 8-10. Retrieved from https://www.northernlogger.com/wp-content/uploads/2023/06/Irland_LOGGER_JUN23.pdf
- Kennedy, B. (1982). *An analysis of craters produced by artillery munitions during dusty infrared test series*. White Sands Missile Range, NM: US Army Electronics Research and Development Command, Atmospheric Sciences Laboratory. TR-0106. ADA 111994. Retrieved from https://ia800101.us.archive.org/5/items/DTIC_ADA111994/DTIC_ADA111994.pdf
- Kimmage, M. (2023). Born in the Bloodlands: Ukraine and the future of the European project. *Foreign Affairs*, Sept./Oct., 202-210.
- Korhonen, S.H.E. (1999-2006). *Battles of the winter war*. Retrieved from <https://winterwar.com/Weapons/artwyapmain.htm> (Information of the Soviet invasion of Finland 1939-1940).
- Listopadsky, M.A. (2015). History and present state of forest belts in the biosphere reserve Askania Nova. *Biological Bulletin of Bogdan Chmelnytskyi Melitopol State Pedagogical University*, 5(1), 156-210.
- Mize, C.W., Brandle, J.R., Schoneberger, M.M., & Bentrup, G. (2008). Ecological development and function of shelterbelts in temperate North America. *USDA Forest Service/UNL Faculty Publications*, 27-54. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6572-9_3
- Myroniuk, V., Zibtsev, S., Bogomolov, V., Goldammer, J.G., Soshenskyi, O., Levchenko, V., & Matsala, M. (2023). Combining Landsat time series and GEDI data for improved characterization of fuel types and canopy metrics in wildfire simulation. *Journal of Environmental Management*, 345, 118736. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118736>
- Plokhly, S. (2023). *The Russo-Ukraine war: The return of history*. New York, NY: W. W. Norton

- Popkin, B. (2023). Selected aspects of military geology applied to Ukraine. *Global Journal of Human-Social Science*, 23(B1), 13-16. Retrieved from <https://socialscienceresearch.org/index.php/GJHSS/article/view/103602>
- Prins, K. (2022). War in Ukraine, and extensive forest damage in Central Europe: Supplementary challenges for forests and timber or the beginning of a new era? *Forest Policy and Economics*, 140, 102736. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2022.102736>
- Pyne, S. J., Swetnam, Th. W., Whitlock, C., Stocks, B. J., Flannigan, M. D., Sukhinin, A. I. ... Goldammer, J. G. (2013). *Vegetation Fires and Global Change*. Global Fire Monitoring Center. Remagen-Oberwinter, Germany: Kessel Publishing House. (Esp. chapter on experiment in Siberia). Retrieved from <https://gfmcc.org/online/latestnews/Vegetation-Fires-Global-Change-UN-White-Paper-GFMC-2013.pdf>
- Raspopina, S. (2019). Sandy soils and the state of afforestation in the zone of intense deflation in Ukraine. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 19. <https://doi.org/10.15421/411932>
- Reese, A. (2023). Scientists plan a comeback for Ukraine's war-ravaged forests. *Science*. Retrieved from <https://www.science.org/content/article/scientists-plan-comeback-ukraine-s-war-ravaged-forests>
- RFE/RL (2022). The 'deadly fruit' of Ukraine's battlefields. *Radio Free Europe/Radio Liberty*. Retrieved from <https://www.rferl.org/a/ukraine-deadly-fruit-shells-rockets/31871324.html>
- RFE/RL's Ukrainian Service (2023). Russia's 'barbaric' logging of Ukraine's forests will have 'catastrophic consequences', Kyiv says. *Radio Free Europe/Radio Liberty*. Retrieved from <https://www.rferl.org/a/ukraine-russia-war-logging-environmental-impact/32350998.html>
- Radynski, O. (2023). What were the Russians doing in Chernobyl? *The Atlantic*. Retrieved from <https://www.theatlantic.com/international/archive/2023/09/russia-ukraine-chernobyl-disaster/675083/>
- Rempel, J. C., Kulshreshtha, S. N., Amichev, B. Y., & Van Res, K. C. J. (2017). Costs and benefits of shelterbelts: A review of producers' perceptions and mind map analyses for Saskatchewan, Canada. *Canadian Journal of Soil Sciences*, 97, 341-352. Retrieved from <https://cdnsiencepub.com/doi/pdf/10.1139/CJSS-2016-0100>
- Sampson, E., & Granados, S. (2023). Ukraine is now the most mined country. It will take decades to make safe. *The Washington Post*. Retrieved from <https://www.washingtonpost.com/world/2023/07/22/ukraine-is-now-most-mined-country-it-will-take-decades-make-safe/>
- Schoeneberger, M. M., Bentrup, G., & Patel-Weynand, T., eds. (2017). *Agroforestry: Enhancing resiliency in U.S. agricultural landscapes under changing conditions*. Gen. Tech. Report WO-96. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. <https://doi.org/10.2737/WO-GTR-96>
- Shumilo, L., Skakun, S., Gore, M. L., Shelestov, A., Kussul, N., ... Yarotskiy, V. (2023). Conservation policies and management in the Ukrainian Emerald Network have maintained reforestation rate despite the war. *Communications Earth and Environment*, 443. Retrieved from <https://www.nature.com/articles/s43247-023-01099-4>
- Taylor, A. (2018). The fading battlefields of World War I. *The Atlantic*. Retrieved from <https://www.theatlantic.com/photo/2018/05/the-fading-battlefields-of-world-war-i/561353/>
- United Nations (UN). (2014). *Kill radius compared*. The United Nations Independent Commission of Inquiry on the 2014 Gaza Conflict. Retrieved from https://www.ohchr.org/sites/default/files/Documents/HRBodies/HRCouncil/CoIGaza/Kill_Radius_Compared.pdf
- World Bank (2006). *Ukraine: Forestry Sector Note: Status and Opportunities for Development*. Washington, DC: World Bank. Retrieved from https://www.profor.info/sites/profor.info/files/UkraineForestSectorNote2006_0.pdf
- WWF Ukraine (2022). *Assessing the environmental impacts of the war in Ukraine*. Retrieved from <https://wwf.org.uk/our-offices/ukraine/assessing-the-environmental-impacts-of-the-war-in-ukraine>
- Zhezhkun, A., & Porohnyach, I. (2020). Dieback of pine stands in E. Polyssia: Distribution, consequences, measures to overcome. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 21. <https://doi.org/10.15421/412033>
- Zibtsev, S., Soshenskyi, O., Goldammer, J. G., Myroniuk, V., Borsuk, O., Gumeniuk, V., ... Buksha, I. (2023). *Forest management on territories contaminated with unexploded ordnance: English Summary of the Report*. Gland, Switzerland: WWF. Retrieved from <https://gfmcc.org/wp-content/uploads/WWF-Ukraine-Forest-Management-UXO-Territories-2022-Exec-Summary-ENG.pdf>
- Zibtsev, S., Sydorenko, S., Soshenskyi, O., Goldammer, J. G., Myroniuk, V., Bogomolov, V., & Borsuk, O. (2023). Regional Eastern Europe Fire Monitoring Center (REEFMC), National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (NUBIP), Kyiv, Ukraine. 4. Wildfires in Ukraine in times of war ("JRC Report"). Retrieved from <https://nubip.edu.ua/node/9087/14>

Російське вторгнення: швидка оцінка впливу на ліси України

Л. С. Ірланд¹, Л. А. Яворівська², С. В. Зібцев³,
В. В. Миронюк⁴, Б. Рот⁵, А. М. Білоус⁶

Надано швидку оцінку важливих нагальних і довгострокових проблем. Війна зумовила серйозні наслідки для лісів України у вигляді прямої шкоди та пожеж, спричинених різними боеприпасами. Однак значна шкода включає також великі мінні

поля, непридатні боєприпаси та міни-пастки, через які ліси закриті для будь-якої діяльності. В Україні функціонує система супутникового виявлення пожеж, однак вона не готова до нинішніх викликів. У січні 2022 р. по всій країні горіло лише 1900 га; у березні ж площа горіння досягла 307 тис. га. Інтенсивність бойових дій порівнювалася нами з інтенсивністю вогню у низці зон на більшій відстані від лінії фронту. Це порівняння показало високу кількість пожеж поблизу фронту порівняно з районами, розташованими далі. Понад 45% пожеж за кількістю та 42,9% за площею вигорання виникло в радіусі 5 км, де бойові дії були найбільш інтенсивними. У радіусі 25 км зафіксовано 62,1% усіх пожеж за кількістю та 66% за площею. Загальна площа спалених територій на кінець жовтня 2023 р. сягнула понад 1,1 млн га, що приблизно вдвічі менше площі Київської області. Хоча велика частина цієї території була зайнята сільськогосподарськими та вкритими природною рослинністю землями, вплив пожеж на ліси був значним. Надзвичайно великі пожежі виникли внаслідок короточасних спалахів інтенсивних боїв; у багатьох випадках впродовж 2022-2023 рр. щоденна площа вигорання перевищувала 10 000 га по всій країні.

Дослідження з використанням даних дистанційного зондування показує, що у 2022 р. понад 70 000 га лісів зазнали серйозних руйнувань і пошкоджень через обстріли, пожежі та незаконну вирубку окупантами. Потрібні значні зусилля та інноваційні стратегії для лісовідновлення та відновлення ландшафту перед загрозою майбутніх змін клімату. У більшій частині степового регіону та прилеглих територій ліси і захисні смуги вже зазнали стресу. Втрата захисних смуг у цих регіонах може поставити під загрозу майбутні врожаї через зростаючі посухи, піщані бурі, ерозію ґрунту та інші екологічні проблеми. Значні небезпеки замінування і нездетонованих боєприпасів необхідно буде усунути перед початком робіт. Після розмінування поля, вкриті кратерами, доведеться відновлювати та зачищати. Для цього необхідно розмінувати та перевірити безпечність сільських доріг і смуг. Сучасні армії використовують масові машини для розмінування, але вони призначені для очищення вузьких смуг на відкритих територіях. Вони непридатні для лісів і захищених повшкодженими деревами ділянок, де роботи повинні проводитися методами Першої світової війни, які є трудомісткими, вимогливими, виснажливими та небезпечними. Наймання, навчання, оснащення та управління працівниками з розмінування буде величезним адміністративним завданням, яке триватиме багато років.

Нагальною потребою є організація аварійних команд для окремих пожеж. Державна служба України з надзвичайних ситуацій має таку систему, а держпідприємство «Ліси України», яке займається пожежною охороною понад 7,2 млн га території, її

не має. Існуюча система призначена для раннього виявлення та швидкого реагування; вона не придатна для викликів великих пожеж, з якими зараз стикаються лісові господарства. З цією метою українська пожежна служба організовує навчання в США та Канаді. Крім того, величезна кількість спеціалізованого захисного спорядження потрібна фіхівцям лісового господарства, лісорубам і персоналу з розмінування. Звичайне завершення оцінювання збитків і розробка планів вирішення цих проблем буде величезним завданням із залученням усіх установ, приватних груп і органів місцевого самоврядування, які займаються лісами, а також міжнародної підтримки. Потрібні будуть складні рішення щодо пріоритетів. На міжнародній основі планується розмінування, посилення систем пожежогашіння та ініціювання програм відновлення. У багатьох випадках захисні смуги відновлюватимуться природним шляхом самі по собі, оскільки це буде надто небезпечно для активних заходів з відновлення, поки не буде виконано розмінування, яке займе десятиліття. Повне відновлення нормальної, безпечної діяльності в сільській місцевості та лісах буде досягнуте лише майбутніми поколіннями.

Ключові слова: оцінювання збитків; лісові пожежі; розмінування лісів; відновлення ландшафту; лісосмуги.

- ¹ Ірланд Ллойд – засновник і президент «The Irland Group», доктор філософії, 174 Lord Road, Wayne, ME 04284 США. Тел. 0011-1-207-685-9613. E-mail: lcirland@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0637-2609>
- ² Яворівська Лідія Андріївна – науковий співробітник, доктор філософії, Коледж наук про землю та мінерали, Університет штату Пенсільванія, 319B EES Building University Park, PA 16802, США. Телефон (моб.): 814-321-1419. E-mail: lui100@psu.edu ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6224-6271>
- ³ Зібцев Сергій Вікторович – академік Лісівничої академії наук України, професор кафедри лісівництва, доктор сільськогосподарських наук. Національний університет біоресурсів і природокористування України, вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, 03041, Україна. Тел.: +38(044)527-85-23. E-mail: sergiy.zibtsev@nubip.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0684-9024>
- ⁴ Миронюк Віктор Валентинович – академік Лісівничої академії наук України, професор кафедри таксації лісу та лісового менеджменту, доктор сільськогосподарських наук. Національний університет біоресурсів і природокористування України, вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, 03041, Україна. Тел.: +38-044-527-85-23. E-mail: victor.myroniuk@nubip.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5961-300X>
- ⁵ Бріан Рот – виконавчий директор «Forest Release» та незалежний консультант, доктор філософії. E-mail: Rothb19699@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0510-1500>
- ⁶ Білоус Андрій Михайлович – академік Лісівничої академії наук України, завідувач кафедри таксації лісу та лісового менеджменту, професор, доктор сільськогосподарських наук. Національний університет біоресурсів і природокористування України, вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, 03041, Україна. Тел.: +38(044)527-85-23. E-mail: bilous@nubip.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7589-4307>



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

<http://fasu.nltu.edu.ua>
<https://doi.org/10.15421/412313>

Article received 2023.09.28
Article accepted 2023.11.23

ISSN 1991-606X print

ISSN 2616-5015 online

@ ✉ Correspondence author

Oksana Pelyukh

pelyukh.o@nltu.edu.ua

103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine

УДК 504.75.05

Слід біорізноманіття продукту: теорія і методологія розрахунку

О. Р. Пелюх¹, І. П. Соловій², О. А. Кійко³, М. М. Ільків⁴, Т. О. Челепіс⁵, В. В. Лавний⁶

Досліджено теоретичні положення та сутність поняття «слід біорізноманіття», встановлено ключові аспекти методології його розрахунку. Зокрема, розглянуто визначення терміну «слід біорізноманіття» у вітчизняній та зарубіжній науковій літературі. Запропоновано визначати слід біорізноманіття як вплив товару, компанії, людини чи спільноти на глобальне біорізноманіття, виміряний у термінах зміни біологічного різноманіття в результаті виробництва та споживання певних товарів і послуг. Виокремлено та проаналізовано основні підходи та інструменти розрахунку сліду біорізноманіття. Розглянуто шість основних груп інструментів розрахунку сліду біорізноманіття і встановлено ключові відмінності між ними.

Загалом розрахунку сліду біорізноманіття із використанням вищевказаних інструментів базуються на інформації компанії чи підприємства (фінансових даних або/і даних ланцюжка створення вартості), враховуючи географічний, екосистемний контексти або узагальнені (проксі) зв'язки та дотримуються трьохетапної послідовності. Доцільним є застосування сліду біорізноманіття як індикатора для різних секторів і рівнів управління, їх видів діяльності чи ланцюгів постачання, а також для окремого продукту чи споживача. Слід біорізноманіття, як індикатор, може допомогти бізнесу в обґрунтуванні стратегічних підходів, управлінських і технологічних рішень у контексті забезпечення належної екологічної та соціальної відповідальності. Розрахунок сліду біорізноманіття є важливим інструментом збереження екосистем і природних ландшафтів, забезпечення сталого використання ресурсів внаслідок прийняття екологічно відповідальних рішень.

Ключові слова: слід продукту; навантаження на довкілля; вплив на біорізноманіття; стале виробництво і споживання.

¹ Пелюх Оксана Романівна – кандидат економічних наук, асистент кафедри екологічної економіки та бізнесу. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-096-748-82-70. E-mail: pelyukh.o@nltu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1889-3623>

² Соловій Ігор Павлович – академік Лісівничої академії наук України, віце-президент ЛАН України, доктор економічних наук, професор кафедри екологічної економіки та бізнесу. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: 032-287-03-88, +38-097-284-08-81. E-mail: soloviy@yahoo.co.uk ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5885-6264>

³ Кійко Орест Антонович – академік Лісівничої академії наук України, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри технологій меблів та виробів з деревини. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: 032-238-45-04, +38-067-989-80-88. E-mail: orest.kiyko@nltu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5504-0278>

⁴ Ільків Михайло Миколайович – асистент кафедри технологій меблів та виробів з деревини. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-097-855-25-03. E-mail: mykhailo.ilkiv@nltu.edu.ua

⁵ Челепіс Тарас Олегович – аспірант кафедри екологічної економіки та бізнесу. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-093-348-89-72. E-mail: taras.chelepis@nltu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3845-4211>

⁶ Лавний Василь Володимирович – академік Лісівничої академії наук України, віце-президент ЛАН України, доктор сільськогосподарських наук, професор, проректор з наукової роботи. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-098-859-72-07. E-mail: lavnyu@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2069-9026>

Вступ (Introduction). Збільшення чисельності населення та його потреб вимагає все більше ресурсів для їх задоволення, що призводить до виснаження природного капіталу біосфери, зміни клімату, забруднення планети та безпрецедентного скорочення біорізноманіття (Rockström et al., 2009; Steffen et al., 2015). Біорізноманіття забезпечує широкий спектр цінностей для людей і суспільства, будучи одночасно невід’ємним компонентом природного капіталу (запасів природних ресурсів, які об’єднуються, щоб забезпечити потоки послуг екосистем), а також індикатором стійкості запасів природного капіталу, таких як ґрунт і вода. Міжнародні ініціативи, серед яких Цілі сталого розвитку (Про цілі сталого розвитку України на період до 2030 р., 2019), Планетарні межі (Rockström et al., 2009; Steffen et al., 2015), а також Огляд Дасгупти (Dasgupta, 2021) висвітлюють біорізноманіття як важливу компоненту стійкості природних і соціально-економічних систем.

Tittensor et al. (2014) зазначають, що без впровадження ефективних політичних рішень біорізноманіття продовжуватиме скорочуватися. Особливо в економічно бідних країнах з багатим біорізноманіттям (Newbold et al., 2015; Butchart et al., 2010) дійшли висновку, що на глобальному рівні зусилля лідерів зупинити чи уповільнити скорочення біорізноманіття були недостатніми, а цілі Конвенції з біологічного різноманіття (Convention on Biological Diversity, 2006) не були досягнуті. Як і не були досягнуті 20 цілей Айчі, які було включено у Стратегічний план зі збереження біорізноманіття на 2011-2020 рр. та погоджені 196 країнами-учасниками (зокрема й Україною [WWF, 2016]).

Зусилля щодо збереження біорізноманіття історично були спрямовані на захист середовищ існування та самих видів. Однак попри те, що природоохоронні території є ключовими для реалізації заходів (Butchart et al., 2012) і потенційно здатні надавати більше послуг з регулювання екосистем (Maes et al., 2012), природоохоронних територій може бути недостатньо для зниження ризику вимирання видів, враховуючи висхідне перманентне антропогенне навантаження на планету. Wilting & Oorshot (2017) вказують, що найбільше скорочення біорізноманіття пов’язане саме з ланцюгами постачання товарів, зокрема у земле- та енергоємних секторах.

Втрата біорізноманіття впливає на суспільство загалом, включаючи окремі групи, які вважаються вразливими, а також корінні народи та місцеві громади. Піддаються впливу і залежать від біорізноманіття також підприємства. Вплив на бізнес може бути негативним або позитивним, що призводить як до витрат і вигід для суспільства, так і до зміни ризиків і можливостей самого бізнесу. У міру зростання обізнаності про ризики та можливості, що пов’язані з втратою біорізноманіття, з’являється все більше мотивації для бізнесу вимірювати та звітувати про свій вплив і залежність від біорізноманіття поряд із ширшим природним капіталом, кліматом і соціальною відповідальністю. Хоча наразі вимірювання та звітність щодо природного капіталу загалом і біо-

різноманіття зокрема є надзвичайно обмеженими. Якість оприлюдненої інформації про біорізноманіття є низькою, дає слабе розуміння бізнес-ризиків, можливостей досягнення певної ефективності, зосереджуючись на управлінських наративах з незначною наявністю кількісної негрошової інформації. Поза тим, все більше компаній розуміють необхідність надійних і послідовних вимірювань впливу на біорізноманіття та залежностей, включаючи вимірювання позитивних впливів. Також зростає попит на кількісні показники з боку інвесторів та аудиторів у рамках розвитку звітності та системи розкриття інформації. У контексті оцінки природного капіталу та підходів до обліку були розроблені методології вимірювання біорізноманіття, щоб задовольнити цей попит. Однак їх використання залишається обмеженим низькою компаній-лідерів.

Оскільки, потреби людства у природних ресурсах стрімко зростають (Rockström et al., 2009; Steffen et al., 2015), а здатність біосфери відновлюватись та нормально функціонувати стає дедалі меншою, існує потреба у кращому розумінні інструментів емпіричного вимірювання впливу на довкілля та біорізноманіття зокрема, які можна використовувати в різних контекстах (наприклад, екологічний, вуглецевий, водний слід чи слід біорізноманіття). Використання цих та інших інструментів можуть виявити ранні попереджувальні ознаки та прогнозувати наслідки навантаження на довкілля, відтак сповільнити критичний перехід планетарних меж.

Об’єкти та методика дослідження (Objects and methods). *Об’єкт дослідження* – слід біорізноманіття продукту. *Предмет досліджень* – теоретичні і прикладні аспекти розрахунку сліду біорізноманіття.

Мета роботи полягає в дослідженні теоретичних положень і сутності поняття «слід біорізноманіття», у встановленні ключових аспектів методології його розрахунку.

У дослідженні використано методи аналізу, синтезу та логічного узагальнення. Інформаційною базою дослідження слугували ресурси Національної бібліотеки України ім. В.І. Вернадського і мережі Science Direct.

Результати (Results). У контексті збереження довкілля «слід» (*footprint*) – це вимірювання прямого чи опосередкованого впливу суспільства на біосферу (у кількісних величинах). Кембриджський словник (Cambridge Dictionary, 2023) визначає слід як: «вплив особи, компанії, діяльність на довкілля, наприклад, кількість природних ресурсів, які вони використовують, і кількість шкідливих газів, які вони виробляють». Критична необхідність вимірювання впливу суспільства на довкілля та розроблення управлінських рішень щодо зменшення, адаптації, пристосування, пом’якшення та попередження цього негативного впливу спровокувала розроблення численних методів розрахунку слідів, які відрізняються за фокусом, одиницями вимірювання, масштабом (Dudley, 2021) (рис. 1). Розміщення сліду біорізноманіття в центрі підкреслює, що на біорізноманіття мають вплив усі інші сліди.



Рис. 1. Різновиди слідів для вимірювання впливу суспільства на довкілля (складено за Dudley, 2021)

Fig. 1. Types of traces for measuring the impact of society on the environment (compiled from Dudley, 2021)

Vanham et al. (2019) розглядають, яким чином різні типи слідів пов'язані з дев'ятьма критичними процесами, що регулюють функціонування системи Землі (Rockström et al., 2009; Steffen et al., 2015) (рис. 2). Для кожного з цих критичних процесів автори запропонували основну керуючу змінну та визначили межі, які не можна перевищувати, щоб зберегти функціонування Землі у безпечному робочо-

му просторі. За попередньою оцінкою Steffen et al. (2015) встановили, що внаслідок діяльності людства вже порушено чотири з цих критичних процесів: зміна клімату, цілісність біосфери, біогеохімічні потоки (азот і фосфор) та зміни у наземній екосистемі, в результаті чого виникли збурення біогеохімічних потоків і генетичного різноманіття. Деякі із зображених на рисунку слідів мають вже визначені тлумачення (табл.), а дискусія щодо тлумачення інших все ще триває (наприклад, «слід біорізноманіття»). Так, в українській науковій літературі ще не сформувалось визначення терміну «слід біорізноманіття» (*biodiversity footprint*). Відповідно, жодних досліджень на цю тематику не проведено. Проте, визначено термін «екологічний слід» (*ecological footprint*) (Барабаш, Вознюк, 2018; Крусіг, Яшкіна, Кіріак, 2012), «вуглецевий слід» (*carbon footprint*) (Івашура, Борисенко, Толмачова, 2021) та «водний слід» (*water footprint*) (Скрипчук, Судук, 2013; Гальчинський, Вишневецька, 2016; Івашура та ін., 2021). Чимало досліджень здійснено із застосуванням методики розрахунку екологічного сліду. Зокрема, Я. Ю. Богомазюк (2013) використав його, щоб проаналізувати антропогенний вплив у Волинській, Дніпропетровській, Донецькій та Сумській областях. О. В. Барабаш, Я. Ю. Вознюк (2018) дослідили екологічний слід на одну особу Дніпропетровської області та визначили екологічний дефіцит області.

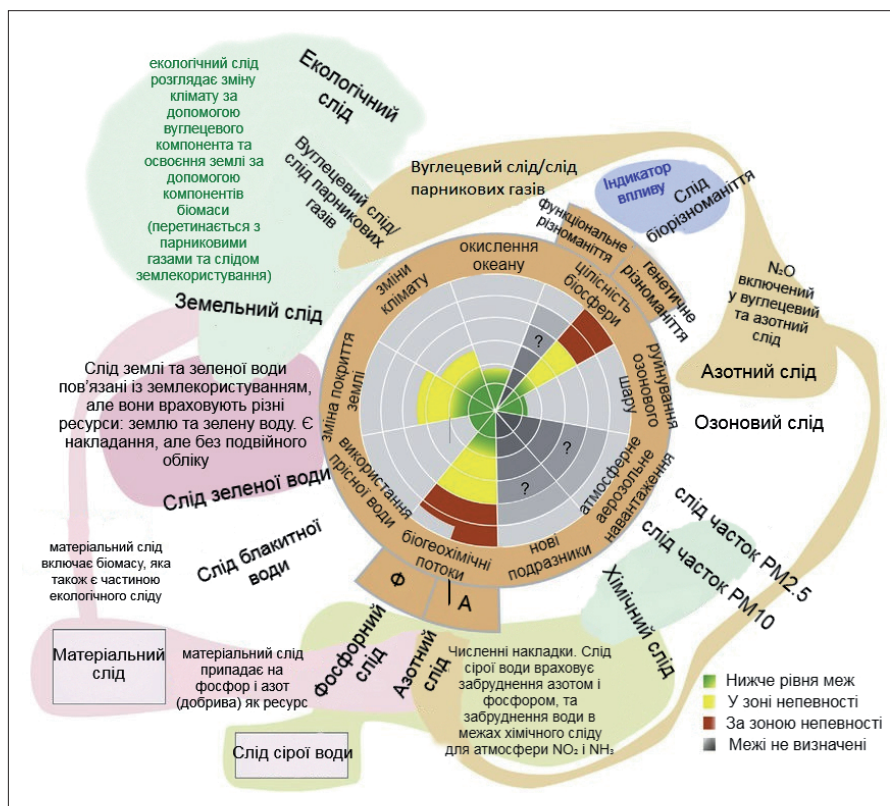


Рис. 2. Відповідність основних індикаторів слідів дев'яти планетним межах із візуалізацією перекриття між різними слідами (джерело: Vanham та ін., 2019)

Fig. 2. Correspondence of the main trace indicators to the nine planetary boundaries with a visualization of the overlap between the different traces (source: Vanham et al., 2019)

Таблиця. Визначення термінів «екологічний слід», «вуглецевий слід», «водний слід» та ін. у науковій літературі
Table. Definition of the terms “ecological footprint”, “carbon footprint”, “water footprint”, etc. in scientific literature

Автор, рік	Тлумачення
1	2
Екологічний слід	
Крусірг та ін., 2012	<i>Екологічний слід</i> – це сума шести складових (рослинний, тваринний, лісовий, рибний, енергетичний та будівельний)
Borucke et al., 2013	<i>Екологічний слід</i> вимірює привласнення землі як для виробництва відновлюваних ресурсів біомаси, так і для поглинання відходів шляхом секвестрації CO ₂
Водний слід	
Скрипчук, Судук, 2013	<i>Водний слід</i> – обсяг води, необхідний для виробництва товарів і послуг (враховує джерело спожитої води, а також час/інтенсивність споживання)
Івашура та ін., 2021	<i>Водний слід</i> – загальний обсяг прісної води, що використовується для виробництва товарів і послуг
Гальчинський, Вишневська, 2016	<i>Водний слід</i> – показник використання прісної води, з урахуванням як прямих, так і непрямих витрат води для споживача або виробника
Hoekstra & Mekonnen, 2012	<i>Водний слід</i> вимірює як споживання прісної води як ресурсу, так і використання прісної води для асиміляції відходів, де останній компонент називають сірим водним слідом
Вуглецевий слід	
Івашура та ін., 2021	<i>Вуглецевий слід</i> – міра загальної кількості викидів вуглекислого газу, яке прямо або побічно викликано будь-якою діяльністю або нагромаджується на всіх етапах життєвого циклу продукту
Čuček et al., 2015	<i>Вуглецевий слід</i> (або слід парникових газів) – це слід викидів, який вимірює викиди парникових газів, таких як вуглекислий газ (CO ₂), метан (CH ₄) та оксид азоту (N ₂ O) в атмосферу
Земельний слід	
MacDonald et al., 2015; Kastner et al., 2014	<i>Земельний слід</i> вимірює кількість землі, необхідної для постачання продуктів харчування, матеріалів, енергії та інфраструктури, виражену у фізичних гектарах
Wackernagel et al., 2002; Weinzettel et al., 2013	<i>Земельний слід</i> – глобальні гектари Землі (у км ²), необхідні для забезпечення сировиною суб'єктів господарювання
Азотний слід	
Vanham et al., 2019	<i>Азотний слід</i> вимірює викиди реактивного азоту в атмосферу та водойми
Peñuelas et al., 2013; Pelletier & Leip, 2014	<i>Азотний слід</i> – викиди N ₂ , які не створюють додаткового навантаження на довкілля та не залежать від дефіцитних ресурсів, але дають вимірювання для антропогенної мобілізації азоту
Фосфорний слід	
Vanham et al., 2019	<i>Фосфорний слід</i> вимірює як використання фосфору як ресурсу, так і втрати фосфору у водоймах
Хімічний слід	
Hitchcock et al., 2012; Sala & Goralczyk, 2013	<i>Хімічний слід</i> – враховує всі хімічні речовини, викинуті у навколишнє середовище, які в кінцевому підсумку можуть призвести до екотоксичності і токсичного впливу на людину
Moran et al., 2013; Yang et al., 2018	<i>Хімічний слід</i> – це сума відбитків PM _{2.5} і PM ₁₀ , які вимірюють забруднення атмосфери твердими частинками

Озоновий слід	
Meyer & Newman, 2018	Озоновий слід – викиди газів, які контролюються або мають контролюватися відповідно до Монреальського протоколу, у зважених кілограмах потенціалу озонowego руйнування
Матеріальний слід	
Wiedmann et al., 2015; Giljum et al., 2015	Матеріальний слід – використання матеріалів з погляду споживання, розподіляючи всю глобально видобуту та використану сировину на внутрішній кінцевий попит
Енергетичний слід	
Mancini et al., 2016; Wiedmann, 2009	Енергетичний слід виражається вуглецевим компонентом екологічного сліду
Onat et al., 2015	Енергетичний слід – кількість енергії, спожитої вздовж ланцюга постачання
Слід біорізноманіття	
Vanham et al., 2019	Слід біорізноманіття – вимірювання втрати біорізноманіття у результаті різних навантажень, таких як використання землі та води або хімічне забруднення
Wilting et al., 2017	Слід біорізноманіття – показник відносної недоторканості біорізноманіття в результаті виробництва продукції чи надання послуг
Moran & Kanemoto, 2017	Слід біорізноманіття – вплив господарської діяльності на цінні види (наприклад, види, внесені до Червоної книги України)
BD Protocol, 2020	Слід біорізноманіття – позитивний та негативний вплив організації та ланцюжка створення вартості на біорізноманіття

Загальноприйнятого визначення «слід біорізноманіття» не має і в зарубіжній науковій літературі. Часто цей термін сприймають як еквівалент втрати біорізноманіття (Vanham et al., 2019), як відносну недоторканість біорізноманіття (напр., зміна середньої чисельності видів) (Wilting et al., 2017) або втрату «пріоритетних» видів (напр., видів, внесених до Червоного списку ЄС) (Moran, & Kanemoto, 2017). У Протоколі біологічного різноманіття (BD Protocol, 2020) «слід біорізноманіття» визначено як суму позитивних і негативних впливів організації та ланцюжка створення вартості. Відповідно до цього визначення та зважаючи на результати досліджень UNEP-WCMC, Capitals Coalition, Arcadis, ICF, WCMC Europe (2022), «загальний слід біорізноманіття» можна розрахувати за формулою:

$$TBF = PBF + NBF \quad (1)$$

де, *TBF* – загальний слід біорізноманіття як сума площ усіх екосистем в межах інвентаризації активів, отримана з окремих звітів про екосистеми;

PBF – позитивний слід біорізноманіття як сума площ поверхні всіх екосистем, визначених у реєстрі активів або інвентаризації, скоригована відповідно до їх відповідного стану чи цілісності;

NBF – негативний слід біорізноманіття, що розраховується на основі різниці між загальним і позитивним слідом на біорізноманіття бізнесу, загалом або для окремих активів біорізноманіття.

Проаналізувавши результати попередніх досліджень, представлених у табл., пропонуємо розглядати термін «слід біорізноманіття» як вплив то-

вару, компанії, людини чи спільноти на глобальне біорізноманіття, виміряний у термінах зміни біологічного різноманіття в результаті виробництва та споживання певних товарів і послуг.

Розрахунок сліду біорізноманіття можна здійснити на основі одного із трьох підходів (рис. 3), що ґрунтуються на: а) споживанні (*consumption-based*), б) виробництві (*production-based*), в) торгівлі (*trade-based*) (Fang et al., 2016; Dudley, 2021); на різному певному рівні управління – глобальному, регіональному та місцевому; на рівні організації, виду діяльності, окремого ланцюгу постачання, продукції чи споживачу.

Dudley (2021) поділяє інструменти розрахунку сліду біорізноманіття на шість основних груп. Перші дві групи пов'язані з основними даними про біорізноманіття та інструментами, які підтримують вимірювання слідів біорізноманіття, і їх можна розділити на:

1. *Інструменти для синтезу та аналізу даних з метою встановлення ризику для біорізноманіття та можливостей для пом'якшення*: використання глобальних наборів даних для визначення рівнів ризику для біорізноманіття, можливостей для пом'якшення, відновлення та впливу альтернативних сценаріїв розвитку, наприклад, *IBAT*, *InVEST*, *OPAL*, *STAR*, *PREDICTS* та інші. Це не методології розрахунку сліду, але вони можуть відігравати важливу роль, допомагаючи ідентифікувати загрози та навантаження, які можуть виникнути.

2. *Методології, що надають дані та моделі для представлення зв'язку навантаження на біорізноманіття*

маніття з потенційним впливом на біорізноманіття: використання глобальних і регіональних наборів даних щодо ключових навантажень на біорізноманіття, глобальних і регіональних наборів даних щодо біорізноманіття та широкого спектра даних з досліджень для визначення зв'язків між навантаженням і впливом на біорізноманіття. Ці методи та моделі можна застосовувати для розрахунку слідів на основі виробництва, споживання і торгівлі. Сюди можна віднести методи *Life cycle impact assessment* (напр., *ReCiPe*, *LC-IMPACT*, *Impactworld+*), які використовують інвентаризацію життєвого циклу та можуть бути застосовані до різних масштабів (від глобального до продукту), а також такі методи, як *GLOBIO*, які застосовувалися до *EEMRIO* для розрахунку на основі споживання слідів в глобальному і регіональному масштабах.

Решта груп є інструментами, які підтримують застосування інформації про вплив на біорізноманіття в процесі прийняття рішень, і їх можна розділити на:

3. Інструменти, що застосовують аналіз глобальних і регіональних даних для розрахунку слідів: поєднують глобальні набори даних для розрахунку загального сліду для продукту чи регіону (наприклад, *CoSting Nature*, *Bioscope*). Перевага цих мето-

дів полягає в тому, що вони швидкі, доступні, досить прості у використанні та забезпечують широкий огляд, але неминуче спираються на обмежений діапазон індикаторів (і часто не віддають особливого пріоритету біорізноманіттю).

4. Детальні методології для окремих секторів: надають детальні вказівки щодо індикаторів (іноді також щодо джерел інформації) для побудови сліду (напр., індекси агробіорізноманіття та садівництва – *Hortifootprint*). Деякі націлені на певні сектори, такі як садівництво або виробництво цементу, інші – на певні екосистемні послуги або цінності, такі як якість води та агробіорізноманіття.

5. Швидкі системи самооцінювання: на відміну від загалом низхідних підходів багатьох методів, що спираються на глобальні бази даних, розроблено невелику кількість інструментів розрахунку слідів *знизу-вгору*, які в основному спрямовані на послуги екосистем, а не на біорізноманіття, і використовують специфічні дані ділянки для розрахунку впливів (напр., *TESSA* і *PA-BAT*).

6. Інструменти, що окреслюють загальні рамки розрахунку сліду: описують діапазон необхідної інформації, яку потрібно зібрати для розрахунку сліду (напр., *Biological Diversity Protocol*, *Kering's Environmental Profit and Loss Account*).



Рис. 3. Характеристика підходів до розрахунку сліду біорізноманіття продукту (розроблено на основі: Fang et al., 2016; Dudley, 2021)

Fig. 3. Characteristics of approaches to calculating the biodiversity footprint of a product (developed on the basis of: Fang et al., 2016; Dudley, 2021)

Основні відмінності між вищезазначеними інструментами розрахунку сліду біорізноманіття такі (Climate Disclosure Standards Board, 2021; Dudley, 2021):

- специфіка застосування: можуть використовуватись для цільового сектору економіки і/або специфічного підприємства/продукту;
- інтерфейс користувача: можуть включати комп'ютерні моделі або табличний редактор Excel, бази даних, робочі книги, набір структурованих запитань;
- бізнес-застосування: передбачуване використання варіюється від оцінки ризиків і можливостей до порівняння варіантів, кількісної оцінки впливу, встановлення цілей і внутрішньої чи зовнішньої комунікації;
- масштаб: продукт або товар, увесь ланцюжок постачання, фінансовий портфель або конкретна ділянка (наприклад, ферма чи шахта), бізнес-підрозділ, сектор тощо;
- вимоги до введення даних: від інтенсивних вимог до багатьох етапів роботи (обіг, введення ресурсів, виробничі процеси) до загального використання попередньо завантажених баз даних;
- тип аналізу: може містити докладні та зведені звіти, карти, оцінку за вибраним індикатором (біорізноманіття), визначення «гарячих точок» впливу, якісний аналіз ризиків і можливостей;
- додаткові дані: отримані з різних наборів даних, напр., з Червоної чи Зеленої книги України, Червоного списку видів, що перебувають під патронатом Міжнародного союзу охорони природи та ін.;

– методи зв'язку між навантаженням та впливами: напр., оцінка життєвого циклу в порівнянні з оцінкою/обчисленням індексів.

Загалом розрахунок сліду біорізноманіття із використанням вищевказаних інструментів ґрунтується на інформації компанії чи підприємства (фінансових даних або/і даних ланцюжка створення вартості), враховуючи географічний, екосистемний контексти або узагальнені (проксі) зв'язки та дотримуються триетапної послідовності (рис. 4).

Дискусія (Discussion). Збереження біорізноманіття та здоров'я екосистем є складним завданням з багатьма непевностями як з екологічного, так і з економічного погляду. Не існує чіткого консенсусу стосовно найкращого методологічного чи методичного підходу щодо оцінювання різноманітних впливів у сфері виробництва та споживання на стан біорізноманіття. Розрахунок сліду є достатньо перспективним у цьому напрямі. Адже він можливий для різних секторів і на різних рівнях: глобальному, регіональному та місцевому, а також на рівні організації, певного виду діяльності чи ланцюга постачання, окремого продукту чи споживача. Такі розрахунки можуть дати відповіді на питання впливів макроекономічного чи секторального розвитку. Прикладом є дослідження зміни в русійних силах втрати біорізноманіття, здійснені шляхом поєднання факторів характеристики втрати біорізноманіття із землекористуванням, в якому опиралися на оцінювання загального сліду біорізноманіття країни, сліду біорізноманіття на душу населення та сліду біорізноманіття середнього споживача впродовж періоду часу (Bjelle et al., 2021).

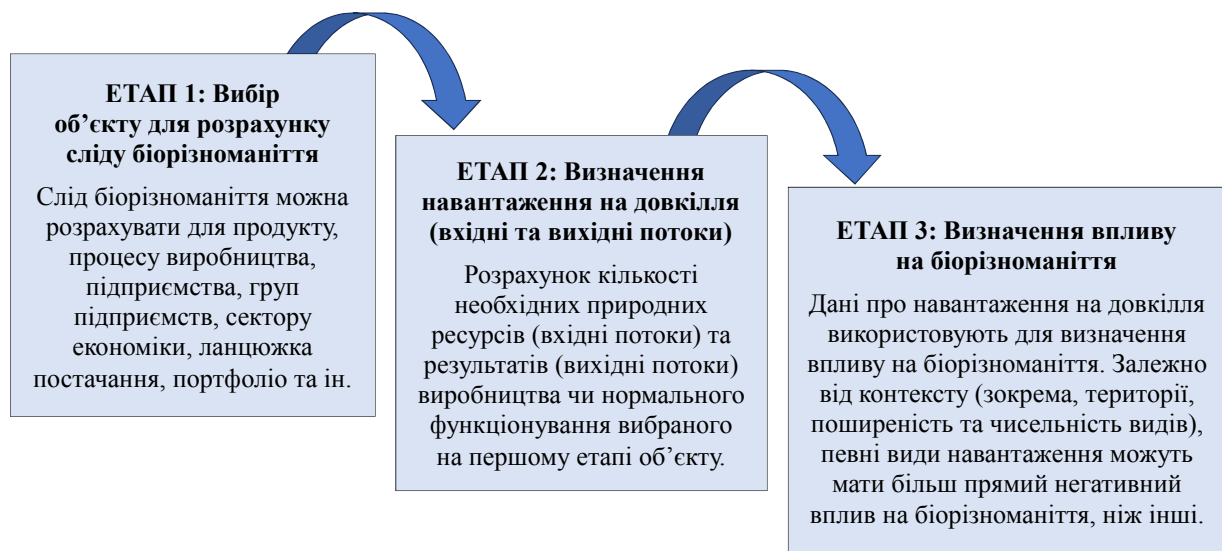


Рис. 4. Послідовність розрахунку сліду біорізноманіття (розроблено на основі: Dudley, 2021)

Fig. 4. Biodiversity Footprint calculation sequence (developed on the basis of: Dudley, 2021)

Лісовий сектор також не є винятком. Як приклад, можна навести здійснений у Німеччині розрахунок «сліду деревини» у контексті розвитку біоекономіки та планетарних меж (Egenolf et al., 2022). Результати дослідження показали, що: а) в мину-

лому гарантувалася безпека постачання круглих лісоматеріалів з власної території; б) на сьогодні Німеччина стала узалежненою від імпорту деревини; в) Німеччина споживає деревину з країн і регіонів, в яких існує висока ймовірність надмірної

експлуатації лісових ресурсів. Тому зростає навантаження на ліси світу – з одного боку через зростання попиту на деревину, з іншого – через збільшення шкоди для довкілля, пов'язаної зі змінами клімату. Дослідження на рівні урбоєкосистем – подібні до тих, що проведені для м. Відня (Semenchuk et al., 2023), покращують базу знань про міські потоки біомаси та можуть сприяти розробці критеріїв та інструментів моніторингу для оцінювання впливу на біорізноманіття конкретних продуктів з різних регіонів-постачальників і впливу на біорізноманіття різних ресурсних стратегій.

Висновки (Conclusions). Слід біорізноманіття – індикатор, що може допомогти бізнесу в обґрунтуванні стратегічних підходів, управлінських і технологічних рішень у контексті забезпечення належної екологічної та соціальної відповідальності, зокрема:

- ідентифікувати та оцінити вплив певної діяльності, процесу або продукту на біорізноманіття та зрозуміти, наскільки значним є вплив, і які заходи необхідно впровадити для збереження, відновлення чи мінімізації впливу на біорізноманіття;

- скласти базу інформації, необхідну для планування та прийняття управлінських рішень щодо сталого використання природних ресурсів;

- створити надійну основу для розроблення політики, стратегії та законодавства щодо збереження біорізноманіття. Зокрема, інформація за результатами оцінювання сліду біорізноманіття може бути використана для встановлення меж, стандартів і критеріїв, які регулюватимуть та сприятимуть збереженню біорізноманіття, попереджуватимуть негативний вплив на нього;

- відобразити соціальну відповідальність бізнесу шляхом зменшення негативного впливу та сприяння позитивним екологічним змінам загалом і збереження біорізноманіття зокрема.

Загалом, розрахунок сліду біорізноманіття є важливим інструментом збереження екосистем та природних ландшафтів, забезпечення сталого використання ресурсів внаслідок прийняття екологічно відповідальних рішень.

Подяка (Acknowledgement). Стаття виконана у рамках проекту, що фінансується ЄС – проект «CircHive» (Project 101082081 – CircHive) «Розробка і пілотування слідів біорізноманіття та обліку природного капіталу через “вулик” галузевих центрів для сталого переходу до циркулярної біо-економіки ЄС», що виконується у рамках міжнародної програми «Горизонт Європа» (Horizon Europe. Topic HORIZON-CL6-2022-BIODIV-01-04 (IA). Natural capital accounting: Measuring the biodiversity footprint of products & organisation).

Список літератури (References)

Барабаш, О.В., Вознюк, Я.Ю. (2018). Екологічний слід як індикатор природного капіталу екосистем. *Екологічні науки*, 1(20), 109-113 [Barabash, O., & Vozniuk, Ya. (2018) Ecological footprint as

an ecosystem natural capital indicator. *Ecological science*, 1(20), 109-113. Retrieved from http://ecoj.dea.kiev.ua/archives/2018/1/part_1/22.pdf] (in Ukrainian)

Богомазюк, Я.Ю. (2013). Екологічний слід. Методика оцінки і динаміка в Україні. *Політ. Сучасні проблеми науки: матеріали XIV Міжнарод. наук.-практ. конф. молодих учених і студентів*, м. Київ, 2-4 квітня 2014 р. Київ: Національний авіаційний університет, Інститут екологічної безпеки, 66 [Bohomazyuk, Ya. (2013). Ecological footprint. Methodology and dynamic in Ukraine. In *Aviation. Modern problems of science Collection of reports of XIV international scientific and practical conference of young scientists and students*, 66. Kyiv: National Aviation University, Institute of Environmental Safety, 66. Retrieved from <https://nau.edu.ua/site/variables/docs/docsmenu/studnauka/polit2013/Збірник%20ІЕБ%202014.pdf#page=66>] (in Ukrainian)

Гальчинський, Л.Ю., Вишневецька, А.О. (2016). Проблеми супутнього використання водного та енергетичного ресурсів в електроенергетиці України. *Інфраструктура ринку*, 2, 221-227 [Galchynskiy, L., & Vishnevskaya, A. (2016). The problems of water and energy resources nexus in power Ukraine. *Market infrastructure*, 2, 221-227. Retrieved from http://nbuv.gov.ua/UJRN/ifctr_2016_2_46] (in Ukrainian)

Івашура, А.А., Борисенко, О.М., Толмачова, М.В. (2021). Стала харчова поведінка. *Вісник Національного технічного ун-ту «ХПІ»*, 4(10), 88-93 [Ivashura, A., Borysenko, O., & Tolmachova, M. (2021). Sustainable eating behavior. *Bulletin of the National Technical University “KhPI”*, 4(10), 88-93. <https://doi.org/10.20998/2413-4295.2021.04.12>] (in Ukrainian)

Крусир, Г.В., Яшкіна, В.В., Кіріяк, Г.В. (2012). Розрахунок екологічного сліду хлібопекарського підприємства. *Харчова наука та технологія*, 2(19), 91-95 [Krusir, G., Yashkina, V., & Kiriyak, G. (2012). Calculation of the ecological footprint of a bakery enterprise. *Food Science and Technology*, 2(19), 91-95. Retrieved from http://nbuv.gov.ua/UJRN/Khnt_2012_2_30] (in Ukrainian)

Про цілі сталого розвитку України на період до 2030 року. Указ Президента України від 30 вересня 2019 р. [About the sustainable development goals of Ukraine for the period until 2030. Decree of the President of Ukraine dated September 30, 2019. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/722/2019#Text>] (in Ukrainian)

Скрипчук, П.М., Судук, О.Ю. (2013). Водний слід: баланс, збитки, екологічна сертифікація. *Економічні проблеми сталого розвитку: матеріали Міжнарод. наук.-практ. конф., присвяч. пам'яті проф. Балацького О.Ф.* м. Суми, 24-26 квітня 2013 р. Суми: Сумський державний університет, Т. 1, 248-249 [Skrypchuk, P., & Suduk, O. (2013). Water footprint: balance, losses, environmental certification. In *Economic problems of sustainable development: materials of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the memory of Prof. Balatskoho O.F.*, 248-249. Sumy: Sumy State University. Retrieved from <https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-down>

- load/123456789/30907/1/Skrypchuk%20P.M._Vodni%20resursy.pdf] (in Ukrainian)
- Bjelle, E. L., Verones, F., & Wood, R. (2021). Trends in national biodiversity footprints of land use. *Ecological Economics*, 185, 107059. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2021.107059>
- Borucke, M., Moore, D., Cranston, G., Gracey, K., Iha, K., Larson, J., ... Galli, A. (2013). Accounting for demand and supply of the biosphere's regenerative capacity: the National Footprint Accounts' underlying methodology and framework. *Ecological Indicators*, 24, 518-533. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.08.005>
- Butchart, S. H., Walpole, M., Collen, B., Van Strien, A., Scharlemann, J. P., Almond, R. E., ... Watson, R. (2010). Global biodiversity: indicators of recent declines. *Science*, 328(5982), 1164-1168. <https://doi.org/10.1126/science.1187512>
- Butchart, S. H., Scharlemann, J. P., Evans, M. I., Quader, S., Arico, S., Arinaitwe, J., ... Woodley, S. (2012). Protecting important sites for biodiversity contributes to meeting global conservation targets. *PLoS one*, 7(3), e32529
- Cambridge Dictionary (2023). Footprint. Retrieved from <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/footprint>
- Climate Disclosure Standards Board (2021). CDSB Framework. Application guidance for biodiversity-related disclosures. Retrieved from https://www.cdsb.net/sites/default/files/biodiversity-application-guidance-single_disclaimer.pdf
- Convention on Biological Diversity (CBD) (2006). *Year in Review 2006*. Montreal, 36 p. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0032529>
- Čuček, L., Klemes, J. J., Varbanov, P. S., & Kravanja, Z. (2015). Significance of environmental footprints for evaluating sustainability and security of development. *Clean Technologies Environmental Policy*, 17, 2125-2141. <https://doi.org/10.1007/s10098-015-0972-3>
- Dasgupta, P. (2021). The Economics of Biodiversity: The Dasgupta Review. (London: HM Treasury). Retrieved from https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/962785/The_Economics_of_Biodiversity_The_Dasgupta_Review_Full_Report.pdf
- Dudley, N. (2021). Biodiversity footprints in policy and decision-making. Briefing on the state of play, needs and opportunities, and future directions. Institute for European Environmental Policy. 52 p.
- Egenolf, V., Distelkamp, M., Morland, C., Beck-O'Brien, M., & Bringezu, S. (2022). The timber footprint of German bioeconomy scenarios compared to the planetary boundaries for sustainable roundwood supply. *Sustainable Production and Consumption*, 33, 686-699. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.07.029>
- Fang, K., Song, S., Heijungs, R., de Groot, S., Dong, L., Song, J., & Wiloso, E. I. (2016). The footprint's fingerprint: on the classification of the footprint family. *Current Opinions on Environmental Sustainability* 23, 54-62. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2016.12.002>
- Giljum, S., Bruckner, M., & Martinez, A. (2015). Material footprint assessment in a global input-output framework. *Journal of Industrial Ecology*, 19, 792-804. <https://doi.org/10.1111/jiec.12214>
- Hitchcock, K., Panko, J., & Scott, P. (2012). Incorporating chemical footprint reporting into social responsibility reporting. *Integrated Environmental Assessment Management*, 8, 386-388. <https://doi.org/10.1002/ieam.1288>
- Hoekstra, A. Y., & Mekonnen, M. M. (2012). The water footprint of humanity. *Proceedings of the National Academy of Sciences U.S.A.*, 9(109), 3232-3237. <https://doi.org/10.1073/pnas.1109936109>
- Kastner, Th., Erb, K.-H., and Haberl, H. (2014). Rapid growth in agricultural trade: effects on global area efficiency and the role of management. *Environmental Research Letters*, 9, 034015. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/9/3/034015>
- MacDonald, G. K., Brauman, K. A., Sun, S., Carlson, K. M., Cassidy, E. S., Gerber, J. S., ... West, P. C. (2015). Rethinking agricultural trade relationships in an era of globalization. *BioScience*, 65, 275-289. <https://doi.org/10.1093/biosci/biu225>
- Maes, J., Paracchini, M. L., Zulian, G., Dunbar, M. B., & Alkemade, R. (2012). Synergies and trade-offs between ecosystem service supply, biodiversity, and habitat conservation status in Europe. *Biological conservation*, 155, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2012.06.016>
- Mancini, M. S., Galli, A., Niccolucci, V., Lin, D., Bastianoni, S., Wackernagel, M., & Marchettini, N. (2016). Ecological footprint: refining the carbon footprint calculation. *Ecological Indicators*, 61, 390-403. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.09.040>
- Meyer, K., & Newman, P. (2018). The planetary accounting framework: a novel, quota-based approach to understanding the impacts of any scale of human activity in the context of the planetary boundaries. *Sustain. Earth*, 1, 4. <https://doi.org/10.1186/s42055-018-0004-3>
- Moran, D., & Kanemoto, K. (2017). Identifying species threat hotspots from global supply chains. *Nature Ecology and Evolution*, 1, 0023. <https://doi.org/10.1038/s41559-016-0023>
- Moran, D. D., Lenzen, M., Kanemoto, K., & Geschke, A. (2013). Does ecologically unequal exchange occur? *Ecological Economics*, 89, 177-186. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2013.02.013>
- Newbold, T., Hudson, L. N., Hill, S. L. L., Contu, S., Lysenko, I., Senior, R. A., ... Purvis, A. (2015). Global effects of land use on local terrestrial biodiversity. *Nature*, 520, 45-50. <https://doi.org/10.1038/nature14324>
- Onat, N. C., Kucukvar, M., & Tatari, O. (2015). Conventional, hybrid, plug-in hybrid or electric vehicles? State-based comparative carbon and energy footprint analysis in the United States. *Applied Energy*, 150, 36-49. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.04.001>

- Peñuelas, J., Poulter, B., Sardans, J., Ciais, P., van der Velde, M., Bopp, L., ... Janssens, I.A. (2013). Human-induced nitrogen-phosphorus imbalances alter natural and managed ecosystems across the globe. *Nature Communications*, 4, 29-34. <https://doi.org/10.1038/ncomms3934>
- Pelletier, N., & Leip, A. (2014). Quantifying anthropogenic mobilization, flows (in product systems) and emissions of fixed nitrogen in process-based environmental life cycle assessment: rationale, methods and application to a life cycle inventory. *The International Journal Life Cycle Assessment*, 19, 166-173. <https://doi.org/10.1007/s11367-013-0622-0>
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, A., Chapin, F.S., Lambin, E.F., ... Jonathan, A. (2009). A safe operating space for humanity. *Nature*, 461, 472-475. <https://doi.org/10.1038/461472a>
- Sala, S., & Goralczyk, M. (2013). Chemical footprint: a methodological framework for bridging life cycle assessment and planetary boundaries for chemical pollution. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 9, 623-632. <https://doi.org/10.1002/ieam.1471>
- Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S.E., Fetzer, I., Bennett, E.M., ... Sörlin, S. (2015). Planetary boundaries: guiding human development on a changing planet. *Science*, 347, 1259855. <https://doi.org/10.1126/science.1259855>
- Semenchuk, Ph., Kalt, G., Kaufmann, L., Kastner, T., Matej, S., Bidoglio, G., ... Krausmann, F. (2023). The global biodiversity footprint of urban consumption: A spatially explicit assessment for the city of Vienna. *The Science of the Total Environment*, 861, 16057. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.160576>
- The Biological Diversity Protocol (BD Protocol) (2020). National Biodiversity and Business Network – South Africa, 123 p. Retrieved from https://407264.p3cdn1.secureserver.net/wp-content/uploads/2022/05/bdp_final_080321.pdf
- Tittensor, D.P., Walpole, M., Hill, S.L.L., Boyce, D.G., Britten G.L., Neil D. B. ... Yimin, Y.E. (2014). A mid-term analysis of progress toward international biodiversity targets. *Science*, 346, 241-244. <https://doi.org/10.1126/science.1257484>
- UNEP-WCMC, Capitals Coalition, Arcadis, ICF, WCMC Europe (2022) Recommendations for a standard on corporate biodiversity measurement and valuation, Aligning accounting approaches for nature, 61 p. Retrieved from https://ec.europa.eu/environment/biodiversity/business/assets/pdf/2022/Align_Report_301122.pdf
- Vanham, D., Leip, A., Galli, A., Kastner, T., Bruckner, M., Uwizeye, A., ... & Hoekstra, A.Y. (2019). Environmental footprint family to address local to planetary sustainability and deliver on the SDGs. *Science of the Total Environment*, 693, 133642. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.133642>
- Wackernagel, M., Schulz, N.B., Deumling, D., Linares, A.C., Jenkins, M., Kapos, V., ... Randers, J. (2002). Tracking the ecological overshoot of the human economy. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 99(14), 9266-9271. <https://doi.org/10.1073/pnas.142033699>
- Weinzettel, J., Hertwich, E.G., Peters, G.P., Steen-Olsen, K., & Galli, A. (2013). Affluence drives the global displacement of land use. *Global Environmental Change*, 23, 433-438. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2012.12.010>
- Wiedmann, T. (2009). A first empirical comparison of energy footprints embodied in trade – MRIO versus PLUM. *Ecological Economics*, 68, 1975-1990. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.06.023>
- Wiedmann, T.O., Schandl, H., Lenzen, M., Moran, D., Suh, S., West, J., Kanemoto, K. (2015). The material footprint of nations. *Proceedings of the National Academy of Sciences U.S.A.*, 112, 6271-6276. <https://doi.org/10.1073/pnas.1220362110>
- Wilting, H.C., & van Oorschot, M.M.P. (2017). Quantifying biodiversity footprints of Dutch economic sectors: A global supply-chain analysis. *Journal of Cleaner Production*, 156, 194-202. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.04.066>
- Wilting, H.C., Schipper, A.M., Bakkenes, M., Meijer, J.R. & Huijbregts, M.A.J. (2017). Quantifying biodiversity losses due to human consumption: A global-scale footprint analysis. *Environmental Science and Technology*, 51, 3298-3306. <https://doi.org/10.1021/acs.est.6b05296>
- WWF (2016). Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity – what is it and why is it important? Retrieved from https://wwf.panda.org/wwf_news/?288810/cbd%2D2016
- Yang, S., Chen, B., Wakeel, M., Hayat, T., Alsaedi, A., & Ahmad, B. (2018). PM2.5 footprint of household energy consumption. *Applied Energy*, 227, 375-383. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.11.048>

Product biodiversity footprint: theory and estimation methodology

O. Pelyukh¹, I. Soloviy², O. Kiyko³, M. Ilkiv⁴,
T. Chelepis⁵, V. Lavnyy⁶

As human needs for natural resources are rapidly increasing, and the ability of the biosphere to recover and function normally is becoming less and less, there is a need for a better understanding of tools for empirically measuring the impact on the environment and biodiversity in particular, which can be used in different contexts (e.g. ecological, carbon, water or biodiversity footprint). The use of these and other tools can detect early warning signs and predict the consequences of environmental stress, thus slowing the critical transition of planetary boundaries.

The aim of the article is to study the theoretical provisions and essence of the concept of “biodiversity footprint” and establish the key aspects of its calculation methodology.

The definition of the term “*biodiversity footprint*” in national and foreign scientific literature is considered. Having analyzed previous studies, it is proposed to define the biodiversity footprint as the impact of a product, company, person or community on global biodiversity, measured in terms of changes in biological diversity as a result of the production and consumption of certain goods and services.

The main approaches and instruments for calculating the biodiversity footprint have been identified and analyzed. It has been established that the calculation of the biodiversity footprint can be carried out on the basis of one of three approaches based on: a) consumption-based, b) production-based and c) trade-based, and at a different specific level management and: global, regional and local, as well as at the level of the organization, activity, individual supply chain, product or consumer.

The article examines six main groups of biodiversity footprint calculation tools and identifies key differences between them. It is concluded that, in general, the calculation of the biodiversity footprint using the above tools is based on company or enterprise information (financial data and/or value chain data), taking into account geographic, ecosystem contexts or generalized (proxy) relationships and follows a three-step sequence.

The conclusion is made about the feasibility of applying the biodiversity footprint as an indicator for different sectors and at different levels of management, different activities or supply chains, as well as for an individual product or consumer. It has been also established that the biodiversity footprint as an indicator can help business in justifying strategic approaches, management, and technological decisions in the context of ensuring proper environmental and social responsibility. It is concluded that the calculation of the footprint of biodiversity is an important tool

for preserving ecosystems and natural landscapes, ensuring the sustainable use of resources as a result of making environmentally responsible decisions.

Key words: product footprint; environmental impact; biodiversity impacts; sustainable production and consumption.

- ¹ *Oksana Pelyukh* – PhD, Assistant Lecturer at the Department of Ecological Economics and Business. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: +38-096-748-82-70. E-mail: pelyukh.o@nltu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1889-3623>
- ² *Ihor Soloviy* – Full Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Vice-president of the FAS of Ukraine, Doctor of Economic Sciences, Professor at the Department of Ecological Economics and Business. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: 032-287-03-88, +38-097-284-08-81. E-mail: soloviy@yahoo.co.uk ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5885-6264>
- ³ *Orest Kiyko* – 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. Tel.: 032-238-45-04, +38-067-989-80-88. E-mail: orest.kiyko@nltu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5504-0278>
- ⁴ *Mykhailo Ilkiv* – Assistant Lecturer at the Department of Furniture Production Techniques and Wood Products Technology. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: +38-097-855-25-03. E-mail: mykhailo.ilkiv@nltu.edu.ua
- ⁵ *Taras Chelepis* – PhD Student at the Department of Ecological Economics and Business. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: +38-093-348-89-72. Email: taras.chelepis@nltu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3845-4211>
- ⁶ *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. Tel.: +38-098-859-72-07. E-mail: lavnyy@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2069-9026>

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/10.15421/412314>
Article received 2023.05.23
Article accepted 2023.11.23

ISSN 1991-606X print
ISSN 2616-5015 online
@ ✉ Correspondence author
Pavlo Bekhta
bekhta@ukr.net

103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine

УДК 674-419.32

Вплив модифікування шпону на властивості фанери, склеєної термопластичною плівкою ПЕНГ

П. А. Бехта¹, І. І. Кусняк², О. М. Чернецький³, Н. С. Бехта⁴, Р. О. Козак⁵,
О. І. Бринь⁶, М. М. Копанський⁷

Фанера, склеєна з використанням як клею термопластичних плівок, є перспективним матеріалом у меблевому виробництві. Проте такий вид деревинного композиту володіє нижчою водостійкістю порівняно з композитами на основі термореактивних клеїв. Крім того, для термопластичних полімерів властива низька адгезія до деревини. У цій роботі, для покращення адгезії термопластичного полімеру до деревини, запропоновано модифікувати луцений березовий шпон лимонною кислотою концентрацією 5, 15 та 25%. Витрата розчину

¹ Бехта Павло Антонович – академік 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. Тел.: +38-032-238-44-99. Факс: +38-032-237-89-05. E-mail: bekhta@ukr.net ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4320-5247>

² Кусняк Ірина Іванівна – кандидат технічних наук, старший викладач кафедри технологій деревинних композиційних матеріалів, целюлози та паперу. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-032-238-44-99. E-mail: iryna.rondyak@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3980-3110>

³ Чернецький Орест Миронович – аспірант кафедри технологій деревинних композиційних матеріалів, целюлози та паперу. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-098-130-18-31. E-mail: Lokioreset@gmail.com

⁴ Бехта Наталія Степанівна – старший викладач кафедри дизайну. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-032-238-44-99. E-mail: natalijabekhta@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4336-2901>

⁵ Козак Руслан Олегович – доктор технічних наук, професор кафедри технологій деревинних композиційних матеріалів, целюлози та паперу. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-032-238-44-99. E-mail: kozak_r@nltu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1297-9810>

⁶ Бринь Оlesia Ігорівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри технологій деревинних композиційних матеріалів, целюлози та паперу. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-032-238-44-99. E-mail: churylo_olesya@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9324-8093>

⁷ Копанський Микола Михайлович – кандидат технічних наук, доцент кафедри технологій деревинних композиційних матеріалів, целюлози та паперу. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-032-238-44-99. E-mail: m_kopansky@nltu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3897-4818>

кислоти становила – 50, 100 та 150 г/м². Як клей використовували термопластичну плівку поліетилену низької густини (ПЕНГ) товщиною 100 мкм. Для порівняння отриманих результатів виготовляли фанеру з немодифікованого шпону, склеєну плівкою ПЕНГ та карбамідоформальдегідним клеєм марки КФ-МТ.

Результати дослідження показали, що модифікування шпону лимонною кислотою позитивно впливає на властивості фанери. Встановлено, що показники водопоглинання і набрякання за товщиною фанери – зменшуються (покращуються), а міцність на зріз та згин – збільшуються. Зокрема виявлено, що фанера зі шпону, модифікованого 15%-ним розчином лимонної кислоти, володіє найнижчою адсорбцією води (38,5-39,24%). Максимальна міцність фанери на зріз становила 2,11 МПа. Концентрація розчину лимонної кислоти суттєво впливає на властивості фанери, тоді як витрата речовини – не впливає.

Модифікування шпону лимонною кислотою у виробництві фанери, склеєної плівкою ПЕНГ, має значний потенціал внаслідок її екологічності, доступності, вартості та здатності покращувати властивості фанери, що є важливим аспектом для збереження високих експлуатаційних характеристик продукції.

Ключові слова: фанера; лущений шпон; модифікування шпону; лимонна кислота; термопластична плівка; водопоглинання; набрякання за товщиною; міцність на зріз; міцність на згин; модуль пружності.

Вступ. Фанера є одним із найпоширеніших видів шаруватої клеєної деревини, яку широко застосовують як конструкційний матеріал. Вона складається зі склеєних між собою трьох і більше листів лущеного шпону із взаємно перпендикулярним розташуванням волокон деревини у суміжних шарах. Сфери її використання постійно розширюються, тому виробництво та споживання цієї продукції ростуть великими темпами (FAO, 2020).

Дотримуючись сучасних тенденцій, найважливішим питанням, яке привертає все більшу увагу у виробництві деревинних композиційних матеріалів (ДКМ), зокрема й фанери, є екологічність продукції. Враховуючи той факт, що фанеру здебільшого склеюють за допомогою термореактивних смол (фенолоформальдегідних (ФФ) та карбамідоформальдегідних (КФ)) на основі формальдегіду, це ускладнює її використання для внутрішніх потреб. Адже постійне виділення формальдегіду в приміщенні згодом призводить до захворювання, яке називається синдромом хворого будинку, за якого мешканець відчуває різні симптоми – головну біль, подразнення в носі, горлі та втому (Kanazawa et al., 2010). Крім того, Всесвітня організація охорони здоров'я (World Health Organization, 2004) також прийшла до висновку, що формальдегід є канцерогеном для людини. Саме тому використання термопластичних полімерів, як клею у виробництві фанери, привертає увагу багатьох дослідників. Низка проведених експериментальних досліджень підтверджують можливість використання термопластичних полімерів у виробництві фанери (Goto, Saiki, & Onishi, 1982; Бехта, Кусняк, 2019; Bekhta & Sedliačik, 2019; Bekhta, Müller, & Hunko, 2020; Bekhta et al., 2022a; Bekhta et al., 2020b; Кусняк, 2020; Chang, Guo, & Tang, 2017; Fang et al., 2012, 2013; Han, & Lee, 1997; Song et al., 2016; Smith, Dai, & Ramani, 2002; Lustosa et al., 2015). Проте фанера, склеєна термопластичними полімерами, володіє нижчим водопоглинанням і набряканням за товщиною, порівняно з фанерою, склеєною КФ та ФФ клеями, що обмежує сферу її застосування. До того ж, для термопластичних полімерів властива низька

адгезія до деревини. У цьому випадку склеювання листів шпону відбувається механічним зчепленням шляхом формування клейових замків (Goto et al., 1982; Chang et al., 2017; Fang et al., 2012; Han & Lee, 1997; Smith et al., 2002). Досягнути ефективної адгезії термопласту до деревини доволі важко, оскільки шпон є гідрофільним, а термопластичний полімер – гідрофобним. З цієї причини необхідно знайти спосіб для покращення міжфазного з'єднання двох різних фаз, що дасть змогу покращити властивості фанери. Отже, розуміння механізму зчеплення між термопластичним полімером і шпоном є необхідним для прогнозування та поліпшення властивостей фанери, що розширить сферу її застосування.

Підвищити адгезійну міцність клейового з'єднання можна, діючи на поверхню шпону і полімерної плівки на етапах нанесення клею різними методами (фізичними, механічними та хімічними) (Фабуляк, Іванов, Масленнікова, 2010). Варто зауважити, що поділ на методи досить умовний, оскільки в кожному з них, зазвичай, присутня їхня комплексна дія. Ефективним способом підвищення адгезії термопласту до деревини є хімічне модифікування шпону перед склеюванням фанери (Matuana, Balatinecz, & Park, 1998; Segerholm, Walinder, & Holmberg, 2010; Tang et al., 2011; Fang et al., 2014; Song et al., 2017). Хімічний метод дії на деревинну підкладку є найприйнятнішим, оскільки забезпечує утворення стійких хімічних зв'язків між шпоном і полімером, що дає змогу одержувати матеріал із задовільними фізико-механічними властивостями.

Зацікавлення науковців у напрямі використання термопластичних полімерів у виробництві ДКМ, зокрема фанери, вплинуло на пошук речовин, які покращуватимуть адгезійні властивості деревинно-полімерних матеріалів. Найбільшого застосування для хімічної обробки поверхні шпону отримали наступні модифікувальні речовини: малеїновий ангідрид (Segerholm et al., 2010; Song et al., 2017), полімер модифікований малеїновим ангідридом та хлорований одночасно (Tang et al., 2011), вініл-триметоксилан (силан А-171) (Fang et al., 2014), фталевий ангідрид, малеїновий ангідрид, у-аміно-

пропілтритоксилан, дихлордиетилсилан (Matuana et al., 1998).

Segerholm et al. (2010) досліджували адгезійні властивості між поверхнею деревини (шпоном) та термопластичною плівкою, використовуючи автоматичну систему оцінки зв'язків (ABES). Для склеювання соснового шпону брали поліпропіленові (ПП) плівки та малеїновий ангідридний поліпропілен комерційного виробництва (МАРР). Шпон, склеєний МАРР, показав доволі високі значення міцності на зріз. Крім того, поверхня зламу зразків, склеєних МАРР, показала високу частку руйнування деревини, тоді як зразки з ПП показали високу частку термопластичного руйнування.

Song et al. (2017) хімічно модифікували евкаліптовий шпон малеїновим ангідридом та у-амінопропілтритоксиланом (АРТЕS) і склеювали за допомогою ПП. Результати показали, що фізико-механічні властивості фанери з модифікованого шпону, склеєного ПП, були кращими порівняно зі шпоном, склеєним ФФС. Fang et al. (2014) виготовляли фанеру з листів тополевого шпону, модифікованого розчином вінілтриметоксисилану, який склеювали поліетиленом високої густини (ПЕВГ). Для підтвердження утворення хімічних зв'язків між поверхнею шпону та алкоксиланами використовували інфрачервону спектроскопію (FTIR), х-променеву фотоелектронну спектроскопію (XPS) та визначали кут змочування. Встановлено, що поверхнева обробка шпону алкоксиланами викликає адсорбцію деяких прегідролізованих алкоксиланів, що підвищує міцність фанери на зріз та показники водостійкості. Також автори встановили, що після модифікування поверхні шпону модифікувальними сполуками збільшується кут змочування, а поверхневий натяг, навпаки – зменшується. Tang et al. (2011) для склеювання листів соснового шпону використовували клей (PE-cg-МАН) на основі малеїнового ангідриду, прищепленого до ПЕВГ за допомогою штучної сополімеризації. Результати показали, що властивості отриманої фанери з використанням PE-cg-МАН з вмістом хлору 1, 3 та 5% відповідають стандарту. Склеюючи листи шпону полівінілхлоридом (ПВХ) Matuana et al. (1998) з'ясували, що поверхнева обробка поверхні шпону такими речовинами як дихлордиетилсилан, фталевий ангідрид і малеїновий поліпропілен є неефективною, оскільки одержані показники міцності аналогічні до результатів необроблених листів шпону.

Впродовж останніх декілька років все більшої уваги багатьох вчених привертає використання лимонної кислоти як клею для деревини (Lee et al., 2020; Fang, Li, & Xu, 2000; Cui et al., 2019). Ефективність використання розчину лимонної кислоти, як клею для склеювання деревини та інших лігноцелюлозних матеріалів, підтверджена результатами багатьох наукових праць. З'ясовано, що розчин лимонної кислоти використовували як клей для формованих виробів на основі деревини (Umemura et al., 2012a; Umemura, Ueda, & Kawai, 2012b),

стружкових плит (Teixeira et al., 2020; Cahyono, & Syahidah, 2019), волокнистих плит (Widyorini et al., 2018; Indrayani et al., 2015), фанери (Sun, Zhao, & Umemura, 2019; Zhao et al., 2019; Chunyin et al., 2022) та LVL бруса (Del Menezzi et al., 2018). Однак дослідження в напрямі склеювання шпону розчином лимонної кислоти у виробництві фанери та LVL бруса, є відносно нечисленними (Sun et al., 2019; Zhao et al., 2019; Chunyin et al., 2022; Del Menezzi et al., 2018). До того ж, склеювання плоских поверхонь, якими є поверхні деревинного шпону, відрізняється від склеювання деревинних частинок у виробництвах стружкових і волокнистих плит. Крім того, жодних досліджень, пов'язаних із застосуванням лимонної кислоти для модифікування шпону у виробництві фанери, склеєної термопластичними плівками, поки що не проводилося. Проте, враховуючи результати досліджень в напрямі використання лимонної кислоти як клею у виробництвах стружкових і волокнистих плит, можна констатувати, що всі досліджувані види ДКМ володіли підвищеною водостійкістю та показниками міцності. Umemura et al. (2012a) припустили, що взаємодія лимонної кислоти з елементами деревини (целюлозою та геміцелюлозами) дає змогу зшивати функціональні групи целюлози та геміцелюлоз з утворенням складноєфірних зв'язків, що призводить до адгезії та добрих зв'язувальних властивостей. Поряд з цим Fang et al. (2000) за допомогою FTIR спектрів довели, що процес реакції зшивання полікарбонової кислоти та деревини є реакцією етерифікації, яка проходить через проміжні циклічні ангідриди. Cui et al. (2019) за допомогою рентгенівської фотоелектронної спектроскопії (XPS) оцінювали процес модифікування целюлози розчином лимонної кислоти і, підтвердили наявність C=O груп у прищеплених карбоксильних групах і новоутвореному естері.

Враховуючи екологічність, доступність, вартість лимонної кислоти та властивість до зшивання в клітинних стінках деревини, можна вважати за доцільне використовувати її як модифікувальну речовину для склеювання шпону термопластичними плівками ПЕНГ. Лимонна кислота виступатиме буфером між деревиною та ПЕНГ, карбоксильні групи якої вступатимуть у взаємодію з гідроксильними групами деревини, а також із реакційними групами, що містяться в плівці ПЕНГ, наявність яких доведено в нашій роботі (Кусняк, 2020).

У зв'язку з цим, виникає потреба у подальших дослідженнях щодо хімічного модифікування шпону в технології склеювання фанери термопластичними плівками з метою покращення її властивостей.

Виконані експериментальні дослідження спрямовані на вирішення *актуальної проблеми* – покращення властивостей фанери, склеєної термопластичною плівкою ПЕНГ, що розширить сферу її застосування.

Об'єкт дослідження – технологічний процес виготовлення фанери. *Предмет дослідження* –

закономірності впливу модифікування поверхні шпону на властивості фанери, склеєної термопластичною плівкою.

Мета дослідження – з'ясувати властивості фанери, виготовленої зі шпону, модифікованого лимонною кислотою і склеєного термопластичною плівкою ПЕНГ.

Методи і методика досліджень (Research methods and techniques). Для досягнення мети дослідження використано такі методи: метод плоского пресування – для виготовлення зразків фанери; фізичні методи – для визначення водопоглинання і набрякання фанери за товщиною; механічні – для визначення міцності на зріз, міцності на статичний згин та модуля пружності фанери; метод статистичного аналізу – для оброблення експериментальних даних.

Для проведення досліджень використовували лущений березовий шпон розміром $300 \times 300 \times 1,55$ мм, вологістю $6 \pm 2\%$. Для модифікування шпону використовували лимонну кислоту (у вигляді кристалів, приблизно 99,5% чистоти). Готували водний розчин лимонної кислоти різної концентрації – 5, 15 та 25%. Витрата розчину становила 50, 100 та 150 г/м², а, отже, наважка хімічної речовини складала 4,5; 9,0 та 13,5 г відповідно. Модифіковані листи березового шпону склеювали термопластичною плівкою ПЕНГ завтовшки 100 мкм.

Виготовляли тришарову фанеру розміром $300 \times 300 \times 4,3$ мм. Підготовлений розчин кислоти відповідної концентрації наносили на поверхню шпону із розпилювача шляхом рівномірного розпилення по всій площі поверхні. Лущений шпон обробляли з двох боків для середнього шару, і з одного боку – для верхнього і нижнього шарів фанери. Після нанесення модифікувальної речовини на поверхні листа шпону, здійснювали його сушіння у сушильній шафі за температури 102°C до вологості $6 \pm 2\%$. Термопластичну плівку ПЕНГ розкрояли на формат, що відповідав розмірам лущеного шпону (300×300 мм). Із висушених хімічно модифікованих листів шпону та листів плівки ПЕНГ здійснювали формування пакета. Один лист полімерної плівки того ж розміру, що й лист шпону, укладали між кожними двома сусідніми шарами модифікованого шпону. Пакет шпону формували з урахуванням правил формування, прийнятих у виробництві фанери. Між двома взаємно перпендикулярними листами шпону вкладали одну термопластичну плівку відповідної товщини. Сформований пакет шпону піддавали гарячому пресуванню за таких режимних параметрів: тиск – 1,4 МПа, температура – 160°C, тривалість – 4,5 хв. Після завершення гарячого пресування виконували холодне пресування фанери за $T = 20 \pm 2^\circ\text{C}$ впродовж п'яти хвилин. Цю операцію виконували для завершення процесу затвердіння полімеру та зменшення жолоблення фанери.

Після холодного пресування фанеру кондиціювали сім діб за температури $20 \pm 2^\circ\text{C}$ та вологості

$65 \pm 5\%$. Тоді з кожного листа фанери вирізали зразки для визначення наступних властивостей: водопоглинання та набрякання за товщиною після намоочування у воді впродовж 24 год (EN 317, 1993), міцності на зріз (EN 314-1, 2004; EN 314-2, 1993), міцності на згин та модуля пружності (EN 310, 1993).

Для порівняння результатів виготовляли фанеру, склеєну з листів немодифікованого шпону плівкою ПЕНГ та КФ клеєм марки КФ-МТ, який готували за рецептом виробника. Для приготування КФ клею використовували сульфат амонію $((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4)$, каолін і КФ смолу. Фанеру, склеєну з листів немодифікованого шпону плівкою ПЕНГ, виготовляли за тими ж режимними параметрами, що і для фанери, склеєної з листів модифікованого шпону. Фанеру, склеєну КФ-МТ клеєм, виготовляли відповідно до параметрів пресування, які використовують у промислових умовах: тиск – 1,8 МПа, температура – 110°C, тривалість – 6 хв, витрата клею – 110 г/м².

Статистичну обробку отриманих результатів здійснювали за допомогою програмного забезпечення SPSS версії 22 (IBM Corp., Armonk, NY, USA).

Результати (Results). Вплив модифікування шпону лимонною кислотою на низку властивостей фанери було встановлено статистично значущим. Окрім того, концентрація розчину лимонної кислоти суттєво впливала на властивості зразків фанери.

Водопоглинання та набрякання зразків фанери за товщиною. Аналіз ANOVA показав, що концентрація розчину лимонної кислоти значно впливає на водопоглинання зразків фанери ($p = 0,000 < 0,05$), тоді як на набрякання за товщиною не впливає ($p = 0,259 > 0,05$). Витрата розчину кислоти не впливає на водопоглинання і набрякання за товщиною зразків фанери ($p = 0,234 > 0,05$, $p = 0,636 > 0,05$ відповідно). Найпомітніше зменшення показників водопоглинання було зафіксовано для зразків фанери, склеєної зі шпону, модифікованого 15%-ним розчином лимонної кислоти та її витрат від 50 до 150 г/м² (від 38,5 до 39,24%) (табл. 1).

Таблиця 1. Значення водопоглинання фанери
Table 1. Value of water absorption by plywood

Вид клею	Витрата модифікувального розчину, г/м ²	Водопоглинання, %		
		Концентрація модифікувального розчину, %		
		5	15	25
ПЕНГ	50	44,2	38,5	41,54
	100	43,47	38,63	45,07
	150	44,58	39,24	47,61
		46,9		
КФ-МТ		41,07		

Проте для зразків фанери, склеєної із модифікованого шпону 5- та 25%-ним розчином кислоти за її витрати від 50 до 150 г/м², показники водопоглинання дещо вищі (від 41,54 до 47,61%, відповідно). Пояснити таку залежність можна, найімовірніше, тим, що зі збільшенням концентрації розчину кислоти від 5 до 15% збільшується реакційна здатність деревини з лимонною кислотою, що призводить до утворення ефірних зв'язків у клітинах деревини та заповнення їх в'язкотекучим полімером, що тим самим відштовхує вологу з поверхні шпону (Lustosa et al., 2015; Бехта, Кусняк, 2019; Kajaks et al., 2014; Mubarak et al., 2020). За концентрації 25% відбувається надмірне збільшення зшивання клітинних стінок деревини, що сповільнює процес їх заповнення розплавом полімеру (Mubarak et al., 2020; Lee et al., 2020).

Крім того (див. табл. 1), водопоглинання фанери, склеєної зі шпону, модифікованого 15%-ним розчином лимонної кислоти за її витрати 50 г/м², зменшується до 38,5% порівняно з водопоглинанням фанери з немодифікованого шпону, склеєного плівкою ПЕНГ (46,9%) та КФ-МТ клеєм (41,07%), що є позитивним явищем. Пояснення полягає в тому, що під час модифікування шпону розчином лимонної кислоти, утворені гідрофобні етерні групи замінюють деякі функціональні групи деревини, зменшуючи тим самим поглинання води структурою деревини (Vukusic et al., 2006).

За результатами дисперсійного аналізу та наведеними в табл. 2 даними встановлено, що концентрація і витрата модифікувального розчину лимонної кислоти не впливає на показники набрякання фанери за товщиною.

Таблиця 2. Значення набрякання фанери за товщиною

Table 2. Value of thickness swelling of plywood

Вид клею	Витрата модифікувального розчину, г/м ²	Набрякання, %		
		Концентрація модифікувального розчину, %		
		5	15	25
ПЕНГ	50	8,79	8,96	9,07
	100	8,99	8,79	8,61
	150	9,19	7,55	9,06
		9,29		
КФ-МТ		10,33		

Проте модифікування шпону розчином лимонної кислоти дещо зменшує показники набрякання фанери за товщиною, порівняно зі зразками фанери із немодифікованого шпону, склеєного плів-

кою ПЕНГ. Процес модифікування шпону збільшує зшивання клітинних стінок деревини (Lee et al., 2020), що, своєю чергою, покращує проникнення в'язкотекучого полімеру у зшиті стінки деревини. Крім того, показники набрякання зразків фанери з модифікованого та немодифікованого шпону, склеєних плівкою ПЕНГ, є нижчими порівняно із показниками набрякання зразків фанери, склеєної КФ-МТ клеєм. Цей факт вказує на те, що зразки фанери з модифікованого чи немодифікованого шпону, склеєної плівкою ПЕНГ, поглинають воду більше із зовнішніх боків фанери, ніж із торців. Таке явище відбувається внаслідок того, що термопластичний полімер, який проникає в структуру деревини, створює бар'єр для проникнення води по товщині зразка.

Таким чином, модифікування шпону розчином лимонної кислоти зменшує показники водопоглинання та набрякання фанери, що є важливою характеристикою для сфери її застосування. Подібні результати зменшення показників водопоглинання та набрякання було спостережено у дослідженнях з використанням лимонної кислоти як модифікувальної речовини для склеювання стружкових плит (Umamura, Sugihara, & Kawai, 2013), волокнистих плит (Widyorini et al., 2018), LVL бруса (Del Menezzi et al., 2018) та фанери (Sun et al., 2019; Zhao et al., 2019).

Міцність зразків фанери на зріз. Встановлено, що міцність зразків фанери на зріз істотно залежить як від концентрації розчину кислоти, так і від витрати розчину ($p=0,000 \leq 0,05$). До того ж, вплив концентрації розчину був суттєвим ($F=52,468$), ніж вплив обсягу його витрати ($F=9,318$). Всі середні значення міцності зразків фанери на зріз (табл. 3) відповідали вимогам стандарту EN 314-2.

Таблиця 3. Значення міцності фанери на зріз

Table 3. Value of shear strength of plywood

Вид клею	Витрата модифікувального розчину, г/м ²	Міцність на зріз, %		
		Концентрація модифікувального розчину, %		
		5	15	25
ПЕНГ	50	2,11	2,05	1,58
	100	1,76	2,03	1,43
	150	1,74	1,9	1,13
		1,61		
КФ-МТ		2,11		

Найвищі значення міцності спостережено для фанерних зразків зі шпону, модифікованого 5%-ним розчином кислоти за витрати 50 г/м² (2,11 МПа)

і 15%-ним розчином за всіх витрат – 50, 100 і 150 г/м² (2,05, 2,03 і 1,9 МПа відповідно). Найнижчі результати міцності на зріз було зафіксовано для фанерних зразків зі шпону, модифікованого 25%-ним розчином кислоти за всіх витрат (1,13-1,58 МПа). Припускаємо, що чим більша концентрація розчину кислоти (25%), тим більше її карбоксильних груп вступатиме в реакцію естерифікації з гідроксильними групами деревини, що в кінцевому підсумку зменшуватиме кількість карбоксильних груп, які паралельно вступатимуть у реакцію з гідроксильними групами розплаву полімеру ПЕНГ.

Своєю чергою, ІЧ-спектроскопією зафіксовано наявність гідроксильних груп у структурі полімеру ПЕНГ, як продуктів деструкції кисневих зв'язуючих містків (внаслідок додавання стабілізаторів на основі складних ефірів під час виготовлення плівки) (Кусняк, 2020). Крім того, зі збільшенням концентрації розчину кислоти зростає реакція естерифікації, а, отже, виділяється більша кількість води як побічного продукту реакції (Mubarok et al., 2020; Lee et al., 2020), що також, вірогідно, перешкоджає взаємодії з в'язкотекучим полімером і в кінцевому підсумку погіршує показники міцності. Відзначено, що лимонна кислота реагує з компонентами деревини, про що свідчить зміна забарвлення шпону до темно-коричневого. Чим більша концентрація розчину кислоти, тим інтенсивніше забарвлення шпону (рис. 1).

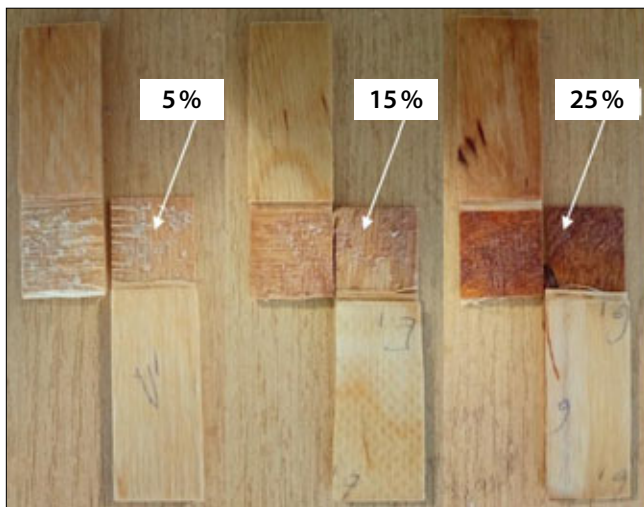


Рис. 1. Зразки фанери, склеєної зі шпону, модифікованого розчином лимонної кислоти різної концентрації

Fig. 1. Samples of plywood glued from veneer modified with citric acid solution of different concentration

Таке явище може бути наслідком реакції вуглеводів деревини з лимонною кислотою, а також окисленням складових компонентів деревини, спричинених лимонною кислотою і теплом (Mubarok et al., 2020; Del Menezzi et al., 2018). Згідно даних табл. 3, модифікування шпону 5- та 15%-ним розчином лимонної кислоти підвищує показники міцності фанери на зріз, порівняно із фанерою

з немодифікованого шпону, склеєного плівкою ПЕНГ. Одержані результати також близькі до середніх значень міцності на зріз фанери, склеєної КФ-МТ клеєм.

Міцність зразків фанери на згин та модуль пружності. За результатів аналізу ANOVA можна стверджувати, що витрата розчину лимонної кислоти не впливає на міцність фанери на згин та модуль пружності ($p = 0,518 > 0,05$; $p = 0,989 > 0,05$ відповідно). Найбільший вплив на показники міцності фанери на згин має концентрація розчину лимонної кислоти ($p = 0,000 \leq 0,05$), яка, однак, не впливає на модуль пружності ($p = 0,767 > 0,05$). Середні значення показників міцності на згин найбільші для фанери зі шпону, модифікованого 15%-ним розчином лимонної кислоти витратою 100 г/м² (145,09 МПа), а найменші – за концентрації 25% та витрати в обсязі 150 г/м² (99,9 МПа) (табл. 4).

Таблиця 4. Значення міцності фанери на згин
Table 4. Value of bending strength of plywood

Вид клею	Витрата модифікувального розчину, г/м ²	Міцність на згин, %		
		Концентрація модифікувального розчину, %		
		5	15	25
ПЕНГ	50	130,7	121,38	108,68
	100	98,18	145,09	104,22
	150	117,18	133,32	99,9
		129,11		
КФ-МТ		129,92		

Як у випадку з показниками міцності на зріз, міцність на згин зростає за збільшення концентрації розчину до 15%, а з подальшим збільшенням до 25% – зменшується. Отриманий результат вказує на те, що зростання концентрації розчину кислоти збільшує кількість функціональних груп, які вступають у реакцію естерифікації, що зменшує реакційну здатність з полімером і негативно впливає на кінцевий показник міцності.

Якщо співставити середні значення показників міцності на згин фанерних зразків з немодифікованого шпону, склеєного КФ-МТ клеєм (129,92 МПа) і термопластичною плівкою ПЕНГ (129,11 МПа), то отримаємо практично аналогічні результати. Варто зазначити, що характер залежностей модуля пружності практично подібний до залежностей межі міцності на статичний згин, адже вплив досліджуваних чинників на обидва зазначені показники доволі подібний. Встановлено, що зміна концентрації розчину лимонної кислоти від 5 до 25%

та її витрати від 50 до 150 г/м² не впливає на показники модуля пружності фанери із модифікованого шпону, склеєного плівкою ПЕНГ (табл. 5).

Таблиця 5. Значення модуля пружності фанери
Table 5. Value of the modulus of elasticity of plywood

Вид клею	Витрата модифікувального розчину, г/м ²	Модуль пружності, %		
		Концентрація модифікувального розчину, %		
		5	15	25
ПЕНГ	50	12699,38	10487,8	10728,81
	100	10248,85	12179,44	11314,39
	150	11150,44	11382,09	11284,73
		11661,28		
КФ-МТ		12334,59		

Значення показників модуля пружності фанери з модифікованого шпону, склеєного плівкою ПЕНГ, знаходяться в межах від 10248,85 до 12699,38 МПа,

з немодифікованого шпону, склеєного плівкою ПЕНГ – 11661,28 МПа та з немодифікованого шпону, склеєного КФ-МТ клеєм – 12334,59 МПа. Найвищі середні показники модуля пружності, як і у випадку з показником міцності на зріз, зафіксовані у зразків фанери зі шпону, модифікованого 5%-ним розчином лимонної кислоти з витратою 50 г/м² (12699,38 МПа) (див. табл. 3).

Помічено, що показники модуля пружності фанери з модифікованого та немодифікованого шпону, склеєних плівкою ПЕНГ, дещо нижчі, ніж такі ж показники для фанери, склеєної клеєм КФ-МТ, що є важливим для виготовлення різноманітних гнутих складних конструкцій.

Обговорення (Discussion). Встановлено, що модифікування шпону лимонною кислотою у виробництві фанери, склеєної термопластичною плівкою ПЕНГ, зменшує (покрщує) водопоглинання фанери на 17,91%, набрякання за товщиною – на 18,73%, модуль пружності – на 12,11%, а також збільшує показники міцності на зріз на 31,06 % та міцності на згин – на 12,38%. Крім того, одержані результати міцності фанери на зріз були порівняні з результатами досліджень інших науковців, які у своїх дослідженнях для виготовлення фанери використовували модифікований шпон, склеєний термопластичними полімерами (Fang et al., 2014; Goto et al., 1982; Matuana et al., 1998; Song et al., 2017; Tang et al., 2011) (табл. 6).

Таблиця 6. Міцність на зріз фанери, склеєної з модифікованого шпону і термопластичних полімерів

Table 6. Shear strength of plywood glued from modified veneer and thermoplastic polymers

Вид полімеру	Назва модифікувальної речовини	Межа міцності на зріз, МПа
ПЕВГ (Fang et al., 2014)	вінілтриметоксисилан (силан А-171)	1,18
	у-амінопропілтриоксисилан А-1100	3,9
ПВХ (Matuana et al., 1998)	дихлордиетилсилан	2,1
	фталевий ангідрид	2,3
	малеїновий поліпропілен	2,0
ПП (Song et al., 2017)	малеїновий ангідрид	1,8
	у-амінопропілтриоксисилан	1,7
ПЕВГ (Tang et al., 2011)	малеїновий ангідрид з одночасним хлоруванням	1,17
ПЕНГ (це дослідження)	лимонна кислота	1,74-2,11

Таке порівняння показало, що фізико-механічні властивості фанери залежать від виду термопластичної плівки, яку використовують для склеювання листів шпону і модифікувальної речовини для поверхневої обробки шпону. За результатами досліджень (табл. 6) можна стверджувати, що всі зразки фанери, склеєної з модифікованого шпону різними термопластичними плівками, за показником міцності на зріз відповідають стандарту ДСТУ

EN 314-2 (1993). Також з'ясовано, що для фанери зі шпону, модифікованого розчином лимонної кислоти і склеєного термопластичною плівкою ПЕНГ, характерна найнижча адсорбція води (див. табл. 1). Варто також зазначити, що використання лимонної кислоти, як модифікувальної речовини для поверхневої обробки шпону у виробництві фанери, порівняно з іншими речовинами (вінілтриметоксисилан (Fang et al., 2014), фталевий ангідрид, малеїно-

вий ангідрид, у-амінопропілтретоксилан, дихлордиетилсилан (Matuana et al., 1998), малеїновий ангідрид (Song et al., 2017), полімер модифікований малеїновим ангідридом та хлорований одночасно (Tang et al., 2011)), є більш економічно та екологічно вигідним.

У підсумку можна зазначити, що результати досліджень підтверджують доцільність модифікування березового шпону розчином лимонної кислоти у виробництві фанери, виготовленої з використанням, як клею, термопластичної плівки ПЕНГ, що покращить її фізико-механічні властивості.

Висновки (Conclusions). Модифікування березового шпону розчином лимонної кислоти у виробництві фанери, склеєної термопластичною плівкою ПЕНГ, є необхідним з погляду покращення міжфазного з'єднання між термопластичним полімером і шпоном, що дасть змогу розширити сферу її застосування.

Для фанери зі шпону, модифікованого 15%-ним розчином лимонної кислоти і склеєного термопластичною плівкою ПЕНГ, характерною ознакою була найнижча адсорбція води (38,5-39,24%). За досліджуваних значень змінних факторів показники набрякання фанери з модифікованого шпону, склеєного плівкою ПЕНГ, є на 1,1-18,73% меншими, ніж для фанери з немодифікованого шпону, склеєного плівкою ПЕНГ, і на 11,04-26,91% меншими ніж для фанери, склеєної КФ-МТ клеєм.

Зразки фанери з модифікованого шпону, склеєного плівкою ПЕНГ, відповідають за показниками міцності на зріз вимогам стандарту ДСТУ EN 314-2. До того ж, модифікування шпону розчином кислоти збільшує міцність фанери на зріз до 2,11 МПа, що суттєво, порівняно зі зразками фанери з немодифікованого шпону (1,61 МПа).

Модифікування шпону розчином кислоти концентрацією 25% зменшує показники міцності на зріз до значення 1,13 МПа. Найбільші середні значення показників міцності на згин встановлено для фанери, виготовленої зі шпону, модифікованого 15%-ним розчином лимонної кислоти та витратою 100 г/м² (145,09 МПа), а найменші – за концентрації 25% та витрати 150 г/м² (99,9 МПа). Той факт, що показники модуля пружності доволі подібні вказує на те, що концентрація та витрата модифікувальної речовини на цей показник не впливають. Модуль пружності фанери з немодифікованого шпону, склеєного плівкою ПЕНГ, дещо нижчий (11661,27 МПа), ніж для фанери шпону, склеєного традиційним клеєм КФ-МТ (12334,59 МПа).

Модифікування поверхні березового шпону у виробництві фанери з використанням, як клею, термопластичної плівки покращує сумісність різнополярних матеріалів. Врахуючи вартість, доступність та екологічність лимонної кислоти, запропонований спосіб поверхневої обробки шпону є доцільним і перспективним, що в кінцевому підсумку розширить сфери застосування фанери.

Список літератури (References)

- Бехта, П. А., Кусняк, І. І. (2019). Властивості фанери з використанням як клею термопластичної плівки. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 19, 209-222 [Bekhta, P.A., & Kusniak, I.I. (2019). The properties of plywood with thermoplastic film using as glue. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 19, 209-222. <https://doi.org/10.15421/411943>] (in Ukrainian)
- Кусняк, І. І. (2020). Розроблення режимів склеювання шпону з використанням термопластичних полімерів: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.06. Львів, Національний лісотехнічний університет України [Kusniak, I.I. (2020). *Development of veneer gluing modes using thermoplastic polymers* (Doctoral dissertation, Ukrainian National Forestry University, Lviv, Ukraine). Retrieved from https://drive.google.com/file/d/1wOguYEaspXuwILF4y-F3swN_HiLSKCoa/view.] (in Ukrainian)
- Фабуляк, Ф. Г., Іванов, С. В., Масленнікова, Л. Д. (2010). *Хімія і технологія олігомерів*: підручник. Київ: Книжкове вид-во Нац. авіац. ун-ту «НАУ-друк» [Fabulyak, F.G., Ivanov, S.V., & Maslennikova, L.D. (2010). *Chemistry and technology of oligomers*. Kyiv: National Book Publishing House Aviation University "NAU-Druk"] (in Ukrainian)
- Bekhta, P., Chernetskyi, O., Kusniak, I., Bekhta, N., & Bryn, O. (2022a). Selected Properties of Plywood Bonded with Low-Density Polyethylene Film from Different Wood Species. *Polymers*, 14(51), 1-13. <https://doi.org/10.3390/polym14010051>
- Bekhta, P., Müller, M., & Hunko, I. (2020). Properties of Thermoplastic-Bonded Plywood: Effects of the Wood Species and Types of the Thermoplastic Films. *Polymers*, 12(11), 2582. <https://doi.org/10.3390/polym12112582>
- Bekhta, P., Pizzi, A., Kusniak, I., Bekhta, N., Chernetskyi, O., & Nuryawan, A.A. (2022b). Comparative Study of Several Properties of Plywood Bonded with Virgin and Recycled LDPE Films. *Materials*, 15, 4942. <https://doi.org/10.3390/ma15144942>
- Bekhta, P., & Sedliačik, J. (2019). Environmentally-Friendly High-Density Polyethylene-Bonded Plywood Panels. *Polymers (Basel)*, 11(7), 1166, 1-21. <https://doi.org/10.3390/polym11071166>
- Cahyono, T., & Syahidah, F. (2019). Citric acid, an environmentally friendly adhesive and wood impregnation material-review of research. *Materials Science and Engineering*, 593: 012009. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/593/1/012009>
- Chang, L., Guo, W., & Tang, Q. (2017). Assessing the tensile shear strength and interfacial bonding mechanism of poplar plywood with high-density polyethylene films as adhesive. *BioResources*, 12(1), 571-585. <https://doi.org/10.15376/biores.12.1.571-585>
- Chunyun, L. I., Hong, L.E. I., Zhigang, W.U., Xuedong, X.I., Guanben, D.U., & Pizzi, A. (2022). A fully bio-based adhesive from glucose and citric acid for plywood with high-performance. *ACS Appl.*

- Mater. Interfaces*, 14(20), 23859-23867. <https://doi.org/10.1021/acsami.2c02859>
- Cui, X., Honda, T., Asoh, T.-Aki, & Uyama, H. (2019). Cellulose Modified by Citric Acid Reinforced Polypropylene Resin as Fillers. *Carbohydrate Polymers*, 230(2): 115662. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.115662>
- Del Menezzi, C., Amirou, S., Pizzi, A., Xi, X., & Delmotte, L. (2018). Reactions with wood carbohydrates and lignin of citric acid as a bond promoter of wood veneer panels. *Polymers*, 10, 833. <https://doi.org/10.3390/polym10080833>
- EN 310 (1993). Wood-Based Panels – Determination of Modulus of Elasticity in Bending and of Bending Strength. [Published 1993-15-04]. Official publishing house. Brussels: European Committee for Standardization, 1993. 14 p.
- EN 314-1 (2004). Plywood – Bonding Quality – Part 1: Test Methods. [Published 2006-01-16]. Official publishing house. Brussels: European Committee for Standardization, 2004. 24 p.
- EN 314-2 (1993). Plywood – Bonding Quality – Part 2: Requirements. [Published 1993-15-04]. Official publishing house. Brussels: European Committee for Standardization, 1993. 12 p.
- EN 317 (1993). Particleboards and Fibreboards. Determination of Swelling in Thickness after Immersion in Water. [Published 1993-31-05]. Official publishing house. Brussels: European Committee for Standardization, 1993. 12 p.
- FAO (2020). Yearbook of Forest Products 2022. Retrieved from <https://www.fao.org/3/cc3475m/cc3475m.pdf>
- Fang, L., Chang, L., Guo, W., Chen, Y., & Wang, Z. (2012). Manufacture of environmentally friendly plywood bonded with plastic film. *Forest Products Journal*, 63(7/8), 283-288. <https://doi.org/10.13073/FPJ-D-12-00062>
- Fang, L., Chang, L., Guo, W., Ren, Y., & Wang, Z. (2013). Preparation and characterization of wood-plastic plywood bonded with high density polyethylene film. *European Journal of Wood and Wood Products*, 71, 739-746. <https://doi.org/10.1007/s00107-013-0733-0>
- Fang, L., Chang, L., Guo, W., Chen, Y., & Wang, Z. (2014). Influence of silane surface modification of veneer on interfacial adhesion of wood-plastic plywood. *Applied Surface Science*, 288, 682-689. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2013.10.098>
- Fang, G., Li, J., & Xu, X. (2000). The intermediate of crosslinking reaction between wood and polycarboxylic acid. *Scientia Silvae Sinicae*, 36(4), 51-54. <https://doi.org/10.11707/j.1001-7488.20000410> (in Korean)
- Goto, T., Saiki, H., & Onishi, H. (1982). Studies on wood gluing. XIII: Gluability and scanning electron microscopic study of wood-polypropylene bonding. *Wood Science and Technology*, 16, 293-303. <https://doi.org/10.1007/BF00353157>
- Han, K.-S., & Lee, H.-H. (1997). Adhesion characteristics and anatomic scanning of plywood bonded by high density polyethylene. *Journal of the Korean Wood Science and Technology*, 25(3), 16-23. Retrieved from <https://koreascience.kr/article/JAKO199700238220498.pdf> (in Korean)
- Indrayani, Y., Setyawati, D., Munawar, S. S., Umemura, K., & Yoshimura, T. (2015). Evaluation of termite resistance of medium density fiberboard (MDF) manufacture from agricultural fiber bonded with citric acid. *Procedia Environ. Science*, 28, 778-782. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2015.07.091>
- Kajaks, J., Kalniņš, K., Reihmane, S., & Bernava, A. (2014). Recycled thermoplastic polymer hot melts utilization for birch wood veneer bonding. *Progress in Rubber, Plastics and Recycling Technology*, 30(2), 87-102. <https://doi.org/10.1177/147776061403000>
- Kanazawa, A., Saito, I., Araki, A., Takeda, M., Ma, M., Saijo, Y., & Kishi, R. (2010). Association between indoor exposure to semi-volatile organic compounds and building-related symptoms among the occupants of residential dwellings. *Indoor Air*, 20(1), 72-84. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0668.2009.00629.x>
- Lee, S. H., Md Tahir, P., Lum, W. C., Tan, L. P., Bawon, P., Park, B.-D., Osman Al Edrus, S. S., & Abdullah, U. H. A. (2020). Review on Citric Acid as Green Modifying Agent and Binder for Wood. *Polymers*, 12(8), 1692. <https://doi.org/10.3390/polym12081692>
- Lustosa, E. C. B., Del Menezzi, C. H. S., & de Melo, R. R. (2015). Production and properties of a new wood laminated veneer/high-density polyethylene composite board. *Materials Research*, 18(5), 994-999. <https://dx.doi.org/10.1590/1516-1439.010615>
- Matuana, L. M., Balatinecz, J. J., & Park, C. B. (1998). Effect of surface properties on the adhesion between PVC and wood veneer laminates. *Polymer Engineering and Science*, 38(5), 765-773. <https://doi.org/10.1002/pen.10242>
- Mubarok, M., Militz, H., Dumarçay, S., & Gérardin, P. (2020). Beech wood modification based on in situ esterification with sorbitol and citric acid. *Wood Sci. Technol.*, 54, 479-502. <https://doi.org/10.1007/s00226-020-01172-7>
- Segerholm, B. K., Walinder, M. P., & Holmberg, D. (2010). Adhesion studies of scots pine-polypropylene bond using ABES. *Proceedings of the 6th meeting of the Nordic-Baltic Network in Wood Material Science and Engineering (WSE)*. Tallinn, Estonia, 142-146. Retrieved from https://nordicforestresearch.org/wp-content/uploads/2017/07/2010_report_wse.pdf
- Smith, M. J., Dai, H., & Ramani, K. (2002). Wood-thermoplastic adhesive interface-method of characterization and results. *International Journal of Adhesion & Adhesives*, 22(3), 197-204. [https://doi.org/10.1016/S0143-7496\(01\)00055-0](https://doi.org/10.1016/S0143-7496(01)00055-0)
- Song, W., Wenbang, W., Congrong, R., & Shuangbao, Z. (2016). Developing and evaluating composites based on plantation eucalyptus rotary-cut veneer and high-density polyethylene film as novel building

- materials. *BioResources*, 11(2), 3318-3331. <https://doi.org/10.15376/biores.11.2.3318-3331>
- Song, W., Wenbang, W., Xuefei, L., & Shuangbao, Z. (2017). Utilization of polypropylene film as an adhesive to prepare formaldehyde-free, weather-resistant plywood-like composites: Process optimization, performance evaluation, and interface modification. *BioResources*, 12(1), 228-254. <https://doi.org/10.15376/BIORES.12.1.228-254>
- Sun, S., Zhao, Z., & Umemura, K. (2019). Further exploration of sucrose-citric acid adhesive: Synthesis and application on plywood. *Polymers*, 11, 1875. <https://doi.org/10.3390/polym11111875>
- Tang, L., Zhao-gang, Z., Jiao, Q., Ji-ruo, Z., & Ying, F. (2011). The preparation and application of a new formaldehyde-free adhesive for plywood. *International Journal of Adhesion & Adhesives*, 31(6), 507-512. <https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2011.04.005>
- Teixeira, D., Pereira, D., Nakamura, A., & Brum, S. (2020). Adhesivity of bio-based anhydrous citric acid, tannin-citric acid and ricinoleic acid in the properties of formaldehyde-free medium density particleboard (MDP). *Drvna industrija*, 71(3), 235-242. <https://doi.org/10.5552/drind.2020.1917>
- Umemura, K., Sugihara, O., & Kawai, S. (2013). Investigation of a new natural adhesive composed of citric acid and sucrose for particleboard. *Journal of Wood Science*, 59, 203-208. <https://doi.org/10.1007/s10086-013-1326-6>
- Umemura, K., Ueda, T., Munawar, S. S., & Kawai, S. (2012a). Application of citric acid as natural adhesive for wood. *Journal of Applied Polymer Science*, 123, 1991-1996. <https://doi.org/10.1002/app.34708>
- Umemura, K., Ueda, T., & Kawai, S. (2012b). Characterization of wood-based molding bonded with citric acid. *Journal of Wood Science*, 58, 38-45. <https://doi.org/10.1007/s10086-011-1214-x>
- Vukusic, S. B., Katovic, D., Schramm, C., Trajkovic, J., & Sefc, B. (2006). Polycarboxylic acids as non-formaldehyde anti-swelling agents for wood. *Holzforschung*, 60, 439-444. <https://doi.org/10.1515/HF.2006.069>
- Widyorini, R., Dewi, G. K., Nugroho, W. D., Prayitno, T. A., Jati, A. S., & Tejolaksono, M. N. (2018). Properties of citric acid-bonded composite board from elephant dung fibers. *Journal of The Korean Wood Science and Technology*, 46, 132-142. <https://doi.org/10.5658/WOOD.2018.46.2.132>
- World Health Organization (2004). IARC classifies formaldehyde as carcinogenic to humans. International Agency for Research on Cancer. Retrieved from www.iarc.fr/ENG/Press-Releases/archives/pr153a
- Zhao, Z., Sakai, S., Wu, D., Chen, Z., Zhu, N., Huang, C., Sun, S., Zhang, M., Umemura, K., & Yong, Q. (2019). Further exploration of sucrose – Citric acid adhesive: Investigation of optimal hot-pressing conditions for plywood and curing behavior. *Polymers*, 11, 1996. <https://doi.org/10.3390/polym11121996>

The influence of veneer modification on the properties of plywood glued with thermoplastic LDPE film

P. Bekhta¹, I. Kusniak², O. Chernetskyi³, N. Bekhta⁴, R. Kozak⁵, O. Bryn⁶, M. Kopansky⁷

Plywood glued with thermoplastic films is a promising material in furniture production. After all, the replacement of liquid thermosetting adhesives with dry thermoplastic films in the technological process of plywood production not only provides a change in the emission class, but also improves production conditions. That is why the production of plywood glued with thermoplastic films is becoming increasingly important today.

However, the wood composites glued with thermoplastic films have low water resistance compared to the thermoreactive adhesives. In addition, low adhesion to wood is characteristic for thermoplastic polymers. In this paper, a modification of veneer in the production of plywood glued with thermoplastic film of low density polyethylene (LDPE) is proposed. The main objective of this study was to investigate an effect

- ¹ Pavlo Bekhta – Full Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Wood-Based Composites, Cellulose and Paper. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: 032-238-44-99. E-mail: bekhta@ukr.net ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4320-5247>
- ² Iryna Kusniak – PhD of Technical Sciences, Senior lecturer at the Department of Wood-Based Composites, Cellulose and Paper. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: + 38-032-238-44-99. E-mail: iryna.rondyak@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3980-3110>
- ³ Orest Chernetskyi – Postgraduate student at the Department of Wood-Based Composites, Cellulose and Paper. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: +38-098-130-18-31. E-mail: Lokiorest@gmail.com
- ⁴ Nataliya Bekhta – Senior lecturer at the Department of Design. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: + 38-032-238-44-99. E-mail: natalijabekhta@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4336-2901>
- ⁵ Ruslan Kozak – 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. Tel.: + 38-032-238-44-99. E-mail: kozak_r@nltu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1297-9810>
- ⁶ Olesya Bryn – PhD of Technical Sciences, Associate professor (Docent) at the Department of Wood-Based Composites, Cellulose and Paper. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: + 38-032-238-44-99. E-mail: chuppylo_olesya@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9324-8093>
- ⁷ Mykola Kopansky – PhD of Technical Sciences, Associate professor at the Department of Wood-Based Composites, Cellulose and Paper. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: + 38-032-238-44-99. E-mail: m_kopansky@nltu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3897-4818>

of veneer modification on the properties of plywood glued with LDPE film. Citric acid as a modifying substance in concentrations of 5, 15, and 25% and thermoplastic LDPE film with a thickness of 100 μm were used in the experiments. The dosage of acid solution was 50, 100 and 150 g/m^2 . To compare the results, the plywood from unmodified veneer glued with a LDPE film and urea-formaldehyde adhesive (UF) was made.

The results of this study showed that modification of veneer has a positive effect on the properties of plywood. It was found that water absorption and thickness swelling of plywood improve, while shear and bending strength increase. It was also found that the concentration of the citric acid solution significantly affects the properties of plywood, while the dosage of the citric acid solution does not.

It was found that plywood made from veneer modified with a 15% solution of citric acid and glued with a LDPE film has the lowest water adsorption (38,5-39,24%). Plywood samples made from modified veneer glued with LDPE film met the requirements of the DSTU EN 314-2 in terms of shear strength. Modification of the veneer with an acid solution increased the shear strength of plywood to 2,11 MPa. It was noted that the modulus of elasticity of plywood made from

modified and unmodified veneers bonded with LDPE film is somewhat lower than that of plywood bonded with UF adhesive, which is important for the manufacture of various bent complex structures.

It was found that the surface treatment of birch veneer by citric acid in the production of plywood bonded with LDPE thermoplastic film improves the compatibility between differently polar materials, such as hydrophilic wood and hydrophobic thermoplastic polymer. This leads to improved bonding quality of veneer. The use of high concentrations and dosage of citric acid for surface treatment of birch veneer changes its color, which also indicates the possibility of chemical reactions between wood and citric acid compounds.

Modification of veneer with citric acid in the production of plywood glued with a LDPE film has a great potential due to its environmental friendliness, availability, cost and ability to improve the properties of plywood, which is important for maintaining high operational characteristics of products.

Key words: plywood; rotary-cut veneer; veneer modification; citric acid; thermoplastic film; water absorption; thickness swelling; shear strength; bending strength; modulus of elasticity.



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

<http://fasu.nltu.edu.ua>
<https://doi.org/10.15421/412315>

Article received 2023.10.18
Article accepted 2023.11.23

ISSN 1991-606X print

ISSN 2616-5015 online

@ ✉ Correspondence author

Yuriy Huber

yuriy.huber@nltu.edu.ua

103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine

УДК 674.048

Дослідження колірних характеристик струганого шпону з деревини дуба звичайного в процесі його виготовлення

Ю. М. Губер¹, З. П. Копинець², Ж. Я. Гуменюк³, Р. Б. Щупаківський⁴, В. Р. Партика⁵

Найвищу вартість, як личкувального матеріалу, струганий шпон має за умови збереження природного кольору деревини. Тому дослідження його колірних характеристик має важливе практичне значення.

*Об'єктом дослідження обрано струганий шпон з деревини дуба звичайного (*Quercus robur* L.).*

Експериментальні дослідження проведено у виробничих умовах ТОВ «ЄВРОШПОН», яке спеціалізується на виготовленні струганого шпону. Колірні характеристики шпону встановлювали за допомогою апаратної колірної просторової моделі CIELab.

Досліджували колірні показники струганого шпону, відібраного з пропарених або проварених ванчесів на глибині 50, 100 і 150 мм від поверхні, та висушеного в атмосферних умовах або у сушильній камері. Встановлено, що відбувається потемніння струганого шпону з деревини дуба, виготовленого з пропарених і проварених ванчесів та після його камерного сушіння.

Технологічну операцію проварювання ванчесів з деревини дуба у виробництві струганого шпону рекомендовано застосовувати у випадку, коли потрібно досягнути світлішого та рівномірнішого забарвлення шпону з урахуванням тривалішого процесу теплової обробки. Пропарювання ванчесів з деревини дуба отримує переваги за необхідності збільшення продуктивності виробництва без урахування колірних характеристик шпону.

Ключові слова: *Quercus robur* L.; струганий шпон; колір деревини; CIELab; пропарювання; проварювання; сушіння.

Вступ (Introduction). Деревину дуба застосовують у виробництві різних виробів у вигляді цільних чи клеєних деталей (Білей, Копинець, Лабай, 2010), а також як личкувальний матеріал – струганий шпон (Kral, & Hrazsky, 2003). Важливим якіс-

ним показником струганого шпону є його колір (Wiedenbeck et al., 2003; Dumitrascu, Ciobanu, & Lepadatescu, 2013; Liew et al., 2022). Найвищу вартість, як личкувального матеріалу, струганий шпон має за умови збереження природного кольору де-

¹ Губер Юрій Мирославович – кандидат технічних наук, доцент кафедри технологій захисту навколишнього середовища і деревини та безпеки життєдіяльності. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-067-811-71-18. E-mail: yuriy.huber@nltu.edu.ua ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2678-511X>

² Копинець Зоя Павлівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри технологій лісопиляння, столярних і дерев'яних будівельних виробів. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-067-670-20-58. E-mail: zoia_kopynets@nltu.edu.ua ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8977-6953>

³ Гуменюк Жанна Ярославівна – асистент кафедри технологій захисту навколишнього середовища і деревини та безпеки життєдіяльності. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-097-478-44-07. E-mail: zhanna.humenyuk@nltu.edu.ua ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9453-5812>

⁴ Щупаківський Роман Богданович – кандидат технічних наук, доцент кафедри технологій лісопиляння, столярних і дерев'яних будівельних виробів. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-097-856-90-54. E-mail: roman.shchupakivsky@nltu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5242-1267>

⁵ Партика Владислав Романович – магістр. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. E-mail: yuriy.huber@nltu.edu.ua

ревини. Встановлено, що вплив високих температур на деревину призводить до зміни її кольору (Barcick, Gasparick, & Razumov, 2015; Koch, & Skarvelis, 2007; Губер, Гуменюк, 2009; Шупаківський, Андрашек, 2023). У процесі виготовлення струганого шпону передбачено теплову обробку ванчесів (колод, секторів, брусів), проводячи проварювання або пропарювання (Білей, Павлюст, Соколовський, 2008; Салдан та ін., 2012) та сушіння шпону за температур від 50 до 150°C.

На колір деревини впливає низка чинників – умови зберігання сировини та готової продукції (зазвичай на підприємстві готову продукцію зберігають нетривалий період і одразу відправляють замовнику для подальшого використання), температура, вологість деревини і тривалість її теплової обробки. Колірні характеристики шпону визначають його споживчі якості і, відповідно, й ціну. Чим світлішим є струганий шпон з деревини дуба, тим вища його ціна.

Підготовка сировини до стругання полягає у механічній обробці колод для надання їм відповідних розмірів та форми для обробки на стругальних верстатах (Petronije, 2017; Wagenführ et al., 2012) і в теплової обробці ванчесів з метою надання деревині пластичності (Білей та ін., 2008; Wagenführ et al., 2012). Теплову обробку проводять проварюванням або пропарюванням. Попри позитивний вплив теплової обробки на процес стругання деревини, через тривалу дію на неї високих температур можливі зміни кольору (Wagenführ et al., 2012). Колір деревини дуба при цьому може змінюватись у бік потемніння – від світлого кольору до темно-коричневого.

Дослідженням кольірних характеристик деревини дуба займалася низка вчених. Зокрема, у роботі Klumpers et. al. (1993) проведено дослідження впливу віку, вмісту екстрактивних речовин і води в ґрунті на колір деревини дуба. Колір вимірювали спектроколориметром і представляли у CIELab. Досліджували колір на деревині після атмосферного сушіння. Встановлено, що найважливішим фактором, який впливає на колір, є вік дерева. Деревина дуба молодих дерев має світліший і жовтіший колір, порівняно з деревиною вікових дерев.

Sadoth et al. (2007) досліджували зміну кольору деревини дуба в процесі вакуумно-кондуктивного сушіння, порівнюючи його результати з конвективним сушінням. Висушували зразки з деревини дуба круглої форми діаметром 7 см і товщиною 2,5 см. Температуру кондуктивного джерела тепла підтримували на рівні 46°C, 61°C і 70°C, тиск у камері підтримували в різних інтервалах (60-100 мбар, 150-200 мбар і 250-300 мбар). Конвективне сушіння здійснювали за температур 46°C, 61°C і 70°C, відносній вологості 30% і швидкості повітря 2 м/с. Визначали антиоксидантний потенціал у вологих і сухих зразках деревини за допомогою методу катіон-радикалів ABTS⁺. Результати цього дослідження показують, що окислення екстрактивних речовин і термічна деградація геміцелюлоз є основними механізмами зміни кольору, а саме – потемніння.

Musat et al., (2016) провели оцінювання варіабельності кольору шпону, виготовленого з деревини дуба звичайного (*Quercus robur* L.). Для досліджень використовували високоякісні колоди. Перед струганням шпону колоди корували і розпилювали на ванчеси, які проварювали в гарячій воді за температури 80-90°C протягом 20 годин. Стругали шпон товщиною 0,55 мм. Висушували струганий шпон впродовж 2 хв за трьох рівнів температури: 100, 120 і 132°C. Кінцева вологість шпону становила приблизно 12,6%. Вимірювання кольору проводили в різних місцях листів шпону. Встановлено, що світлота (яскравість) $L^* = 61,15-79,51$, червоно-зелена компонента $a^* = 2,65-7$ і жовто-синя компонента $b^* = 19,21-24,36$.

У роботі Defoirdt et al., (2012) встановлено, що для повітряно-сухої деревини *Quercus robur* зразки природного кольору мали показники: $L^* = 67,0 \pm 1,8$, $a^* = 7,4 \pm 0,4$, $b^* = 22,2 \pm 0,5$. Якщо колір зразків був з рожевим відтінком, то $L^* = 66,7 \pm 1,9$, $a^* = 8,1 \pm 0,4$, $b^* = 22,0 \pm 0,5$, а якщо з коричневим – $L^* = 67,1 \pm 1,8$, $a^* = 7,2 \pm 0,4$, $b^* = 22,2 \pm 0,6$. У роботі Mosedale, Charrier, & Janin (1996) наведено для термічно необробленої деревини *Quercus robur* показники кольору $L^* = 68,7$, $a^* = 10,3$, $b^* = 23,4$.

Незважаючи на те, що у процесі виробництва струганого шпону з деревини дуба звичайного набуто значного досвіду, все ж технологічні процеси вимагають проведення додаткових досліджень з метою отримання заданих кольірних характеристик продукції.

Об'єкти та методика дослідження (Objects and methods). Об'єкт дослідження – струганий шпон з деревини *Quercus robur* L. Предмет дослідження – зміна кольірних показників струганого шпону з деревини дуба. Мета дослідження – встановити вплив виду та параметрів теплової обробки сировини і режимних параметрів процесу сушіння струганого шпону з деревини дуба на показники його кольору.

Для досягнення поставленої мети виконано такі завдання: здійснено теоретичні розрахунки зміни температури у дубових колодах на різній глибині від поверхні у процесі їх пропарювання та проварювання з метою оцінювання її перепаду; експериментально встановлено колірні характеристики за системою CIELab струганого шпону з деревини дуба, виготовленого з пропарених та проварених колод (ванчесів); вивчено зміну кольірних характеристик струганого шпону з деревини дуба залежно від способу гідротермічної обробки колод (ванчесів) та його сушіння.

Для досліджень використано шість колод з деревини дуба звичайного завдовжки 2,7 м з серединним діаметром 42 см.

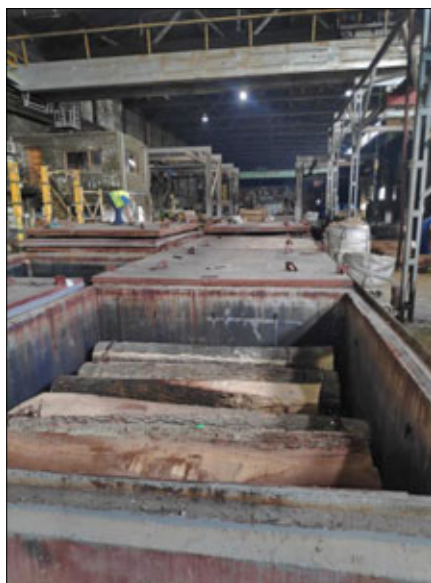
Для гідротермічної обробки ванчесів на підприємстві використовують проварювальні басейни залізобетонної конструкції (рис. 1, а, б). Вони обладнані важкими металевими кришками, які дають змогу герметичного закривати басейни, після чого їх можна використовувати як пропарювальні камери.

На дні басейну встановлено калорифери, теплоносієм в яких є спеціальна термоолива. На висоті 200 мм від дна розташовані обмежувачі, на які вкладають сировину. Під басейном змонтовані дві труби, що забезпечують подачу та відвід води.

У випадку, коли басейн використовують для пропарювання, його наповнюють водою на 5%, завантажують сировину і герметично закривають кришкою. Після цього калорифери з температурою теплоносія 150-170°C підігрівають воду, що забезпечує швидке утворення пари. За рахунок герметичної конструкції басейну у ньому підвищується

тиск, що дає змогу підтримувати температуру водяної пари на рівні 115°C. Під час проварювання ванчеси завантажують у басейни і повністю заповнюють їх водою. Закривають кришки та прогрівають воду до температури 85-98°C.

Керування процесом здійснюють з використанням обладнання та програмного забезпечення фірми «LE.KO» (Польща) (рис. 1, с). Система автоматизованого керування процесом гідротермічної обробки деревини дає змогу задавати, контролювати та регулювати режимні параметри процесу в адаптивному режимі.



а



b



с

Рис. 1. Басейн для гідротермічної обробки деревини: а – загальний вигляд; b – калорифери; с – система автоматизованого керування процесом

Fig. 1. Hot water vats for hydrothermal treatment of wood: a – general view; b – air heaters; c – automated process control system

Для уникнення забруднення та потемніння сировини і належного функціонування обладнання відпрацьовану воду зливають, а басейн очищають від бруду (піску, частинок ґрунту, кори тощо). Після підготовки басейну у нього завантажують ванчеси. Перед завантаженням колоди великих діаметрів розпилюють навіпіл та скріплюють за допомогою промислових стяжок. Ванчеси проходять гідротермічну обробку не корованими.

Після завантаження сировиною басейни заповнюють відповідною кількістю води залежно від типу обробки. Під час проведення експериментальних досліджень тривалість процесу пропарювання становила 16 год, а проварювання – 36 год.

Оскільки на зміну кольору струганого шпону впливає розподіл температури по перетину сортименту під час теплової обробки, для визначення її кінетики здійснено теоретичний розрахунок у трьох точках на глибині 50, 100 і 150 мм від поверхні колоди. Розрахунки проводили за відповідною методикою (Білей, 2005) з урахуванням напрацьованих інших дослідників (Козак, Копанський, 2013).

Після проварювання або пропарювання ванчеси виймали з басейнів, корували, обрізали виступаючі поверхні відземку, фрезерували поздовжні пази для їх фіксації на стругальному верстаті за допомогою «Stay-log» кріплення та проводили стругання.

Перед струганням робили позначки на торці сортименту, що вказували на глибину відбору зразків шпону у процесі його отримання. Відібрано по шість зразків шпону з трьох колод (ванчесів) на різній відстані від поверхні. Глибина відбору шпону становила 50, 100 і 150 мм від поверхні сортименту, довжина листа шпону – 2700 мм. Для забезпечення достовірних результатів зразки відбирали по середині довжини листа шпону, оскільки з торців шпон має темніший відтінок внаслідок дії певних чинників – умов зберігання і транспортування сировини, більшої теплопровідності деревини вздовж волокон. З кожного листа шпону відібрано по два ідентичних зразки. Для чіткої ідентифікації зразки маркували. Маркування містило такі дані: спосіб гідротермічної обробки деревини (пропарювання, проварювання), спосіб

сушіння (атмосферне, камерне), номер колоди (ванчеса) та глибина відбору зразка.

Отриманий на стругальному верстаті шпон одразу транспортували до роликів сушильних камер прохідного типу із сопловим дуттям. Для встановлення впливу процесу сушіння на зміну кольору струганого шпону підготовлені листи шпону, які відібрано на глибині 50, 100 і 150 мм від поверхні сортиментів, висушували за температури 135°C. Тривалість сушіння становила 120 с. Початкова вологість шпону становила 40-52%, після сушіння – $\approx 8\%$. Вологість шпону вимірювали з використанням ємнісного вологоміра типу MERLIN HM9-WS1. На середині довжини листів шпону для встановлення кольору відбирали зразки розміром 295×100 мм. Частина зразків струганого шпону виготовлено з пропарених і проварених колод (ванчесів) відбирали для атмосферного сушіння і витримували за температури 20°C та відносної вологості 50%. Після витримки впродовж 14 діб кінцева вологість зразків становила $\approx 8\%$.

З метою визначення натурального кольору деревини дуба було відібрано еталонний зразок струганого шпону, який отримано з ванчеса, що не проходив гідротермічної обробки. Його відібрали з урахуванням однорідної текстури та кольору. Також цей зразок не проходив камерного сушіння.

Оцінка кольорних характеристик за допомогою людського зору має багато недоліків та є суб'єктивною. На цей час чинним стандартом для кольорних характеристик є модель CIELab, яка враховує специфіку оцінки сприйняття кольору людським оком (Janin et al., 2001; ISO 11664-4, 2019). У кольорному просторі CIELab прийнято основні позначення параметрів: L^* – світлота (яскравість); a^* – градація червоно-зелених тонів; b^* – градація жовто-синіх тонів.

Для встановлення кольорних характеристик струганого шпону з деревини дуба застосовували колориметр Minolta CR-300 (рис. 2). Колориметр Minolta CR-300 має розсіяне освітлення D65, геометрію огляду 0° та зону вимірювання кольору $\varnothing 8$ мм.



Рис. 2. Колориметр Minolta CR-300

Fig. 2. Colorimeter Minolta CR-300

Перед початком вимірювання колориметр відкалібровано та перевірено на спеціальній білій композитній пластині. Проведено 20 вимірювань у різних точках на поверхні кожного відібраного зразка струганого шпону.

Результати (Results). Зміна температури за діаметром колоди відбувається по-різному під час проварювання та під час пропарювання. Теоретичний розрахунок у трьох точках від поверхні колоди (рис. 3) дав змогу побудувати криві розподілу температури за діаметром під час проварювання (рис. 4) та під час пропарювання (рис. 5).

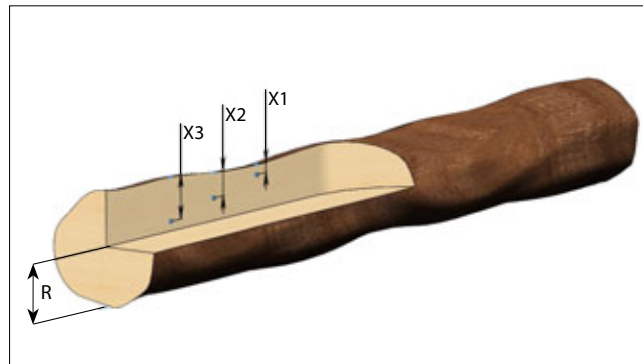


Рис. 3. Схема розташування точок розрахунку температури в колоді при тепловій обробці

Fig. 3. Layout of temperature calculation points in a log during heat treatment

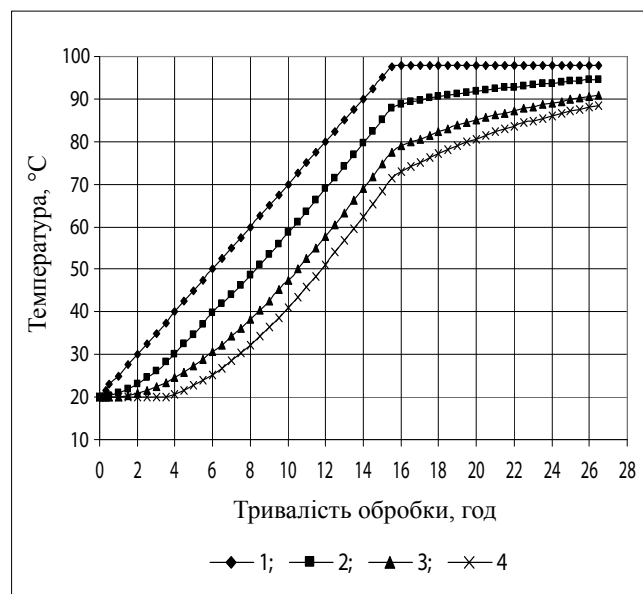


Рис. 4. Зміни температури під час проварювання:

- 1 – зміна температури агента обробки (води);
- 2 – температура деревини на глибині 50 мм ($X_1/R=0,238$);
- 3 – температура деревини на глибині 100 мм ($X_2/R=0,476$);
- 4 – температура деревини на глибині 150 мм ($X_3/R=0,714$)

Fig. 4. Graph of temperature changes during boiling:

- 1 – temperature change of the treatment agent (water);
- 2 – wood temperature at a depth of 50 mm ($X_1/R=0.238$);
- 3 – wood temperature at a depth of 100 mm ($X_2/R=0.476$);
- 4 – wood temperature at a depth of 150 mm ($X_3/R=0.714$)

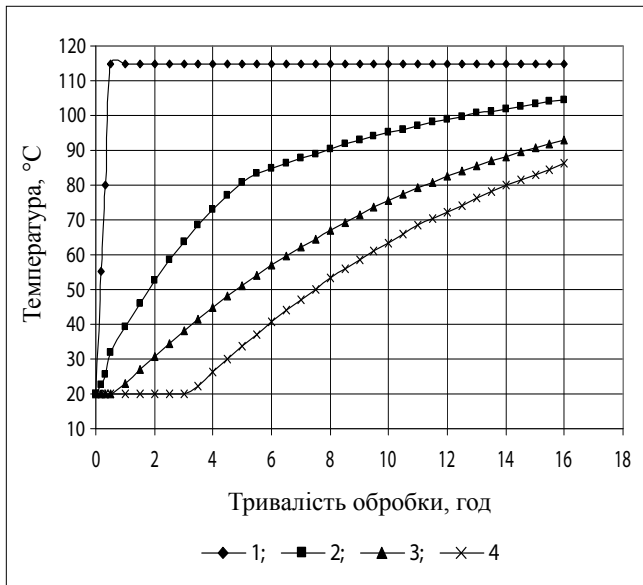


Рис. 5. Зміни температури під час пропарювання:
 1 – зміна температури агента обробки (води);
 2 – температура деревини на глибині 50 мм ($X_1/R=0,238$);
 3 – температура деревини на глибині 100 мм ($X_2/R=0,476$); 4 – температура деревини на глибині 150 мм ($X_3/R=0,714$)

Fig. 5. Graph of temperature changes during steaming:
 1 – temperature change of the treatment agent (water);
 2 – wood temperature at a depth of 50 mm ($X_1/R=0.238$);
 3 – wood temperature at a depth of 100 mm ($X_2/R=0.476$);
 4 – wood temperature at a depth of 150 mm ($X_3/R=0.714$)

Вимірювання кольору проводили на еталонному зразку, який не проходив гідротермічної обробки, та на зразках, які проходили технологічні процеси проварювання, пропарювання і сушіння. Загалом проведено 740 вимірювань. Здійснено аналіз вимірювань зміни кольору зразків струганого шпо-

ну, відібраних з різної глибини ванчеса, за різних способів гідротермічної обробки та порівняно їх з контрольним зразком. Також проведено порівняння кольорних характеристик зразків, висушених атмосферно та у сушильній камері після різних процесів теплової обробки (рис. 6).

Для узагальнення результатів досліджень побудовано графіки кольорних координат L^* (рис. 7), a^* (рис. 8), b^* (рис. 9). Глибина відбору зразків, вид теплової обробки та сушіння мають вплив на кольорні характеристики струганого шпону.

Світлота (показник L^* , який змінюється у межах від 0 до 100 залежно від частки білого та чорного ахроматичних кольорів у загальному кольорі) у всіх зразків струганого шпону, які було відібрано для аналізу, нижча ніж в еталонного зразка ($L^*=65,80$). Найнижча світлота у зразків, відібраних з глибини 50 мм від поверхні ванчеса, оскільки на цій глибині швидше досягнуто вищого рівня температури та її вплив був тривалішим. За однакового виду теплової обробки (пропарювання чи проварювання) ванчесів зразки струганого шпону, що пройшли камерне сушіння, мали нижчий показник світлоти ніж зразки, які висушували за атмосферних умов. Зразки шпону, відібрані з проварених ванчесів на глибині 50 мм, мали більшу світлоту від зразків, відібраних з пропарених ванчесів. Зразки шпону, відібрані на глибині 100 мм і 150 мм з пропарених ванчесів, мали вищу світлоту ніж зразки, відібрані з проварених ванчесів. Це можна пояснити меншим рівнем та меншою тривалістю дії високих температур. Протилежний результат на глибині 50 мм пояснюється тривалішим впливом температури понад 70°C під час пропарювання ванчесів.

Показники a^* і b^* знаходяться у жовто-червоній площині, про що свідчать додатні значення цих показників.

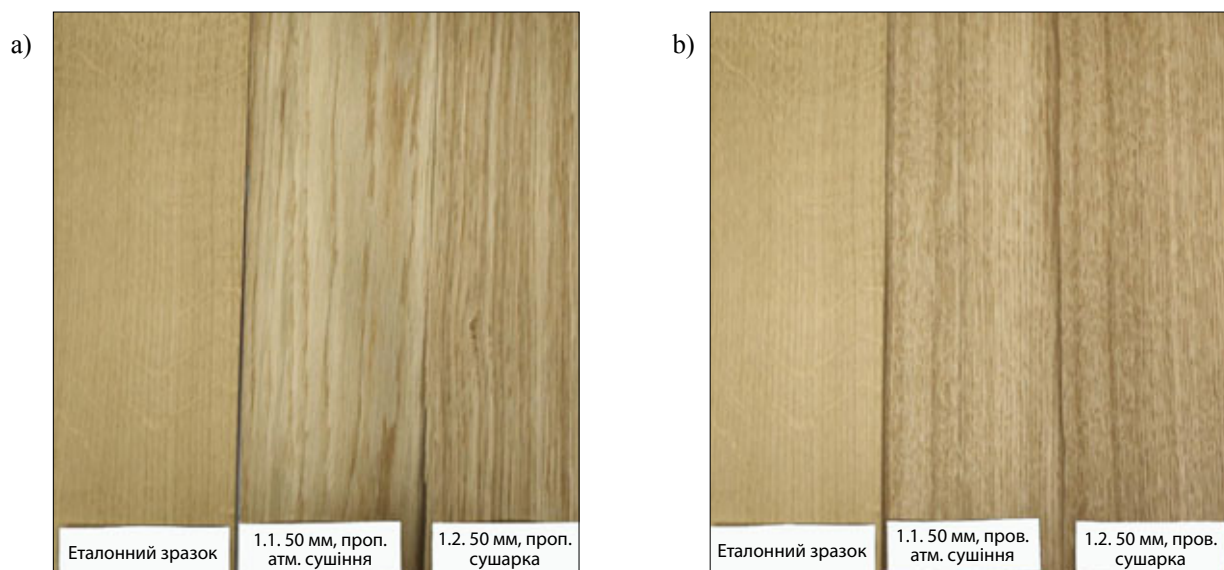


Рис. 6. Порівняння зразків струганого шпону, отриманих з глибини ванчеса 50 мм, з еталонним зразком:
 а – після пропарювання; б – після проварювання

Fig. 6. Comparison of sliced veneer samples, obtained from a wainscot depth of 50 mm, with a reference sample:
 а – after steaming; б – after boiling

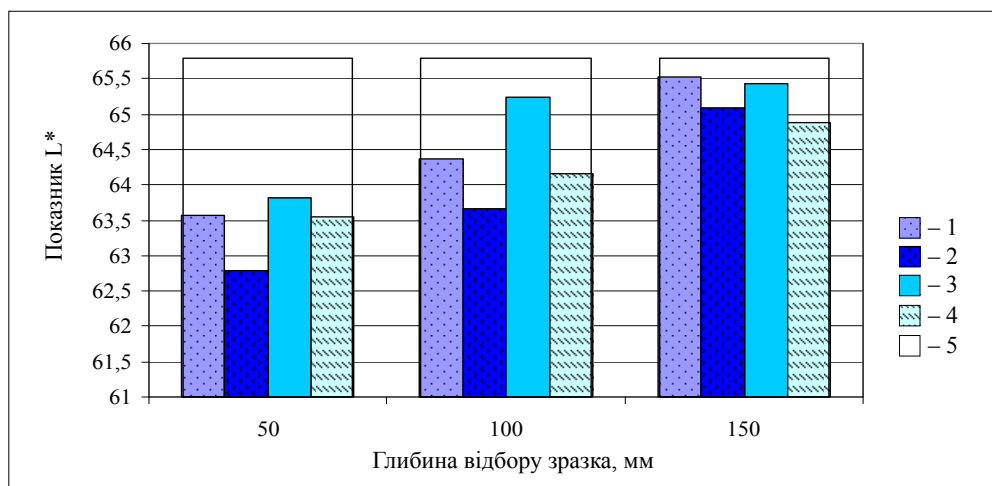


Рис. 7. Порівняння показника L^* на різних глибинах відбору зразків: 1 – шпон, висушений за атмосферних умов, відібраний з пропареного ванчеса; 2 – шпон, висушений в сушильній камері, відібраний з пропареного ванчеса; 3 – шпон, висушений за атмосферних умов, відібраний з провареного ванчеса; 4 – шпон, висушений в сушильній камері, відібраний з провареного ванчеса; 5 – еталонний зразок

Fig. 7. Comparison of the L^* indicator at different sampling depths: 1 – air-dried veneer, taken from a steamed wainscot; 2 – kiln-dried veneer, taken from a steamed wainscot; 3 – air-dried veneer, taken from a boiled wainscot; 4 – kiln-dried veneer, taken from a boiled wainscot; 5 – reference sample

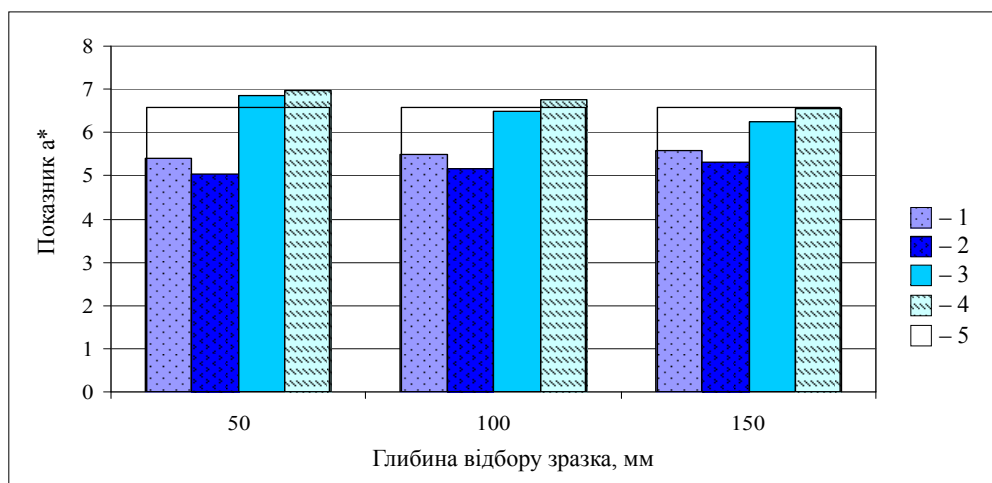


Рис. 8. Порівняння показника a^* на різних глибинах відбору зразків: 1 – шпон, висушений за атмосферних умов, відібраний з пропареного ванчеса; 2 – шпон, висушений в сушильній камері, відібраний з пропареного ванчеса; 3 – шпон, висушений за атмосферних умов, відібраний з провареного ванчеса; 4 – шпон, висушений в сушильній камері, відібраний з провареного ванчеса; 5 – еталонний зразок

Fig. 8. Comparison of the a^* indicator at different sampling depths: 1 – air-dried veneer, taken from a steamed wainscot; 2 – kiln-dried veneer, taken from a steamed wainscot; 3 – air-dried veneer, taken from a boiled wainscot; 4 – kiln-dried veneer, taken from a boiled wainscot; 5 – reference sample

Показник a^* , який характеризує градацію червоно-зелених тонів для еталонного зразка, становить $a^*=6,59$. У випадку зразків, які було відібрано з пропарених ванчесів, показник a^* був нижчим, як для еталонного зразка. Зразки струганого шпону, які відібрано з проварених ванчесів, переважно мали вищий показник a^* , порівняно з еталонним зразком. На всіх глибинах, в межах одного виду теплової обробки ванчесів, незалежно від виду сушіння шпону, параметр a^* був приблизно однаковим і становив для струганого шпону, відібраного з пропарених ванчесів, $a^*=5,03-5,58$; для струганого шпону, відібраного з проварених ванчесів, $a^*=6,24-6,97$.

Показник b^* , який характеризує градацію жовто-синіх тонів для еталонного зразка, становить $b^*=23,39$. У всіх зразків струганого шпону, що було відібрано для аналізу, цей показник нижчий, ніж в еталонного зразка. На всіх глибинах в межах одного виду теплової обробки ванчесів, незалежно від виду сушіння шпону, параметр b^* був приблизно однаковим і становив для струганого шпону, відібраного з пропарених ванчесів – $b^*=20,21-20,85$, а для струганого шпону, відібраного з проварених ванчесів – $b^*=20,47-20,99$.

Дискусія (Discussion). Світлота струганого шпону з деревини дуба, виготовленого з пропарених

ванчесів і висушеного за атмосферних умов, становить $L^* = 63,57-65,52$, висушеного в сушильній камері – $L^* = 62,79-65,09$. Світлота струганого шпону з деревини дуба, виготовленого з проварених ванчесів і висушеного за атмосферних умов, становить $L^* = 63,82-65,43$, висушеного в сушильній камері – $L^* = 63,55-64,88$.

Процес пропарювання за температури 115°C і тривалості 16 год вплинув на зменшення показника світлоти струганого шпону з деревини дуба L^* на 2,23 одиниці на глибині 50 мм від поверхні. Процес проварювання за температури 98°C і тривалості 36 год вплинув на зменшення координати світлоти L^* на 1,98 одиниці струганого шпону, відібраного

на глибині 50 мм від поверхні. Колір змінився менше у процесі проварювання, незважаючи на більшу в два рази тривалість обробки, ніж під час пропарювання. Отже, на зміну світлоти більше впливає температура агента обробки, ніж тривалість її дії.

Процес камерного сушіння струганого шпону з деревини дуба, порівняно з атмосферним, відібраного на усіх глибинах зменшує значення координати L^* в середньому на 0,63 під час проварювання та на 0,64 – під час пропарювання. Отже, на зміну кольору струганого шпону з деревини дуба звичайного в результаті камерного сушіння вид попередньої теплової обробки (проварювання, пропарювання) впливу не має.

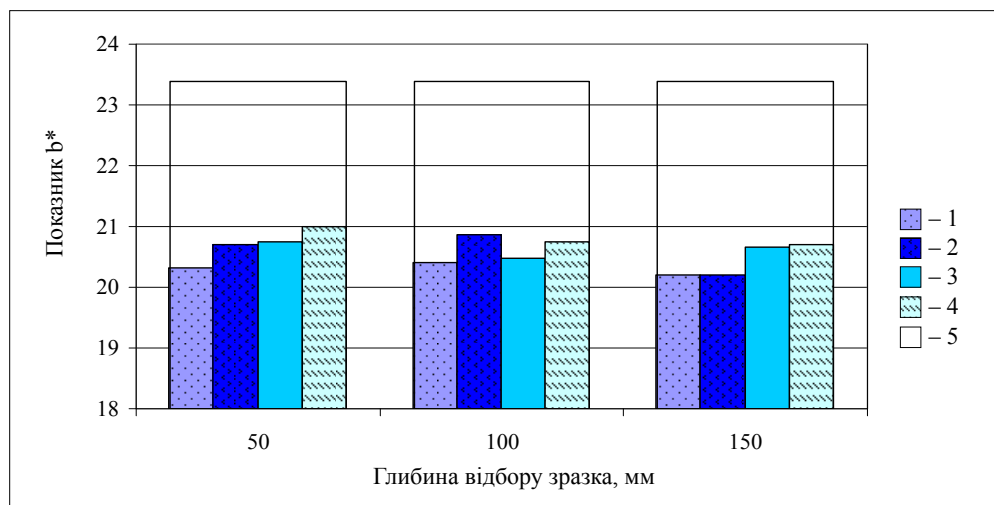


Рис. 9. Порівняння показника b^* на різних глибинах відбору зразків: 1 – шпон, висушений за атмосферних умов, відібраний з пропареного ванчеса; 2 – шпон, висушений в сушильній камері, відібраний з пропареного ванчеса; 3 – шпон, висушений за атмосферних умов, відібраний з провареного ванчеса; 4 – шпон, висушений в сушильній камері, відібраний з провареного ванчеса; 5 – еталонний зразок

Fig. 9. Comparison of the b^* indicator at different sampling depths: 1 – air-dried veneer taken from a steamed wainscot; 2 – kiln-dried veneer, taken from a steamed wainscot; 3 – air-dried veneer, taken from a boiled wainscot; 4 – kiln-dried veneer, taken from a boiled wainscot; 5 – reference sample

Також відбулася зміна кольорних характеристик струганого шпону, відібраного на глибині 100 та 150 мм, проте не так інтенсивно, як на глибині 50 мм. Така зміна відбулася внаслідок дії нижчих температур під час теплової обробки (пропарювання, проварювання), через повільніше прогрівання деревини на глибині 100 мм і 150 мм.

Загалом отримані результати досліджень корелюють з результатами подібних досліджень інших авторів, що вивчали кольорні характеристики деревини дуба звичайного за різних умов (Defoirdt et al., 2012; Mosedale et al., 1996; Musat et al., 2016).

Висновки (Conclusions). Оскільки всі дослідження проводили у виробничих умовах, отримані результати можна вважати прийнятними для використання на підприємстві з метою коригування режимів гідротермічної обробки та інших процесів під час виготовлення струганого шпону з деревини дуба звичайного. Технологічну операцію проварювання ванчесів з деревини дуба у виробництві струганого шпону рекомендовано застосовувати у випадку,

коли потрібно досягнути світлішого та рівномірнішого забарвлення шпону з урахуванням тривалішого процесу теплової обробки. Пропарювання ванчесів з деревини дуба отримує переваги за необхідності збільшення продуктивності виробництва без урахування кольорних характеристик шпону.

Список літератури (References)

- Білей, П. В. (2005). *Теоретичні основи теплової обробки і сушіння деревини*. Коломия: Вік [Biley, P. V. (2005). *Theoretical foundations of heat treatment and drying of wood*. Kolomyia: Vik] (in Ukrainian)
- Білей, П. В., Копинець, З. П., Лабай, В. Й. (2010). Принципи побудови раціональних режимів сушіння тонких пиломатеріалів. *Науковий вісник НЛТУ України*, 20.15, 75-78 [Biley, P. V., Kopynets, Z. P., & Labaj, V. Yo. (2010). Principles of the rational modes of thin lumber drying. *Scientific bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 12.15, 75-78. Retrieved

- from https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2010/20_15/index.htm (in Ukrainian)
- Білей, П.В., Павлюст, В.М., Соколовський, І.А. (2008). Тепловогогообробка в процесах сушіння деревини. *Науковий вісник НЛТУ України*, 18.4, 71-76 [Biley, P.V., Pavlyust, V.M., & Sokolovskiy, I.A. (2008). Warming moistness machining in the processing of wood drying. *Scientific bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 18.4, 71-76. Retrieved from https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2008/18_4/index.htm] (in Ukrainian)
- Губер, Ю.М., Гуменюк, Ж.Я. (2009). Експериментальні дослідження зміни кольору деревини в процесі пропарювання. *Науковий вісник НЛТУ України*, 19.9, 98-105 [Huber, Yu.M., & Humenyuk, Zh.Ya. (2009). Experimental investigation of colour change of the wood the steaming process are given. *Scientific bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 19.9, 98-105. Retrieved from https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2009/19_9/index.htm] (in Ukrainian)
- Козак, Р.О., Копанський, М.М. (2013). Визначення критерію Фур'є для розрахунків режимів теплового оброблення циліндричних сортиментів. *Науковий вісник НЛТУ України*, 23.3, 346-350 [Kozak, R.O., & Kopansky, M.M. (2013). Determination of Fure's criterion for the calculations of the thermal treatment regimes for cylinder wood raw materials. *Scientific bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 23.3, 346-350. Retrieved from https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2013/23_3/index.htm] (in Ukrainian)
- Салдан, Р.Й., Козак, Р.О., Шепелюк, О.О., Кузьмин, О.М. (2012). Вплив процесу проварювання деревини бука на колір струганого шпону. *Науковий вісник НЛТУ України*, 22.13, 143-146 [Saldan, R.Yo., Kozak, R.O., Shepelyk, O.O., & Kuzmyn, O.M. (2012). Influence of process of boiling thoroughly of beech wood on a colour planed lead. *Scientific bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 22.13, 143-146. Retrieved from https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2012/22_13/index.htm] (in Ukrainian)
- Шупаківський, Р.Б., Андрашек, Й.В. (2023). Закономірності зміни кольору шпону деревини бука та вільхи при термомеханічному ущільненні. *Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем (КЗЯТПС – 2023): матеріали XIII Міжнарод. наук.-практ. конф., м. Чернігів, 25-26 травня 2023 р. Т. 1. Чернігів: НУ «Чернігівська політехніка»*, 266-269 [Shchupakivskyy, R., & Andrashek, J. (2023). Patterns of color changes in beech and alder rotary-cut veneer due to thermomechanical densification. In *Comprehensive quality assurance of technological processes and systems: Proceedings of the XIII International scientific-practical conference*. Chernihiv, May 25-26, 2023. Volume I: 266-269. Chernihiv, Ukraine: Chernihiv Polytechnic National University] (in Ukrainian)
- Barcick, S., Gasparick, M., & Razumov, E.Y. (2015). Effect of Temperature on the color changes of wood during thermal modification. *Cellulose Chemistry and Technology*, 49(9-10), 789-798. Retrieved from [https://www.cellulosechemtechnol.ro/pdf/CCT9-10\(2015\)/p.789-798.pdf](https://www.cellulosechemtechnol.ro/pdf/CCT9-10(2015)/p.789-798.pdf)
- Defoirdt, N., Wuijstens, I., De Boever, L., Coppens, H., Van den Bulcke, J., & Van Acker, J. (2012). A colour assessment methodology for oak wood. *Annals of Forest Science*, 69, 939-946. <https://doi.org/10.1007/s13595-012-0214-3>
- Dumitrascu, A.-E., Ciobanu, V.D., & Lepadatescu, B. (2013). Valorization of wood resources for the cutting of decorative veneer in the context of sustainable development of Romanian forests. *BioResources*, 8(3), 4298-4311. <https://doi.org/10.15376/biores.8.3.4298-4311>
- ISO 11664-4: 2019 Colorimetry – Part 4: CIE 1976 L*a*b* Colour space.
- Janin, G., Goncalez, J., Ananías, R., Charrier, B., Fernandes da Silva, G., & Dilem, A. (2001). Aesthetics appreciation pf wood colour and patterns by colorimetry. Part 1. Colorimetry theory for the CieLab system. *Maderas Ciencia y tecnologia*, 3(1-2). <https://doi.org/10.4067/S0718-221X2001000100001>
- Klumpers, J., Janin, G., Becker, M., & Lévy, G. (1993). The influences of age, extractive content and soil water on wood color in oak: the possible genetic determination of wood color. *Annales des sciences forestières*, 50 (Number Supplement), 403-409. <https://doi.org/10.1051/forest:19930746>
- Koch, G., & Skarvelis, M. (2007). Discolouration of wood during drying. In: *Fundamentals of Wood Drying. COST E-15, published by A.R.B.O.L.O.R.*, France.
- Kral, P., & Hrazsky, J. (2003). Effect of negative factors on the use of oak and beech for decorative veneers. *Journal of Forest Science*, 49(6), 281-289. Retrieved from https://jfs.agriculturejournals.cz/artkey/jfs-200306-0005_effect-of-negative-factors-on-the-use-of-oak-and-beech-for-decorative-veneers.php
- Liew, S.J., Ng, S.Ch., Mustapa, M.Z., Usop, Z., Fauhan, M.A., Mahalil, K., & Tan, Ch.O. (2022). Colour Sorting of Red Oak, Yellow Poplar and Maple Veneers using Self-Organizing Map: Comparisons between Different Camera Genres. *European Journal of Wood and Wood Products*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1892867/v1>
- Mosedale, J.R., Charrier, B., & Janin, G. (1996). Genetic control of wood color, density and heartwood ellagitannin concentration in European oak (*Quercus petraea* and *Q. robur*). *Forestry*, 69(2), 111-124. <https://doi.org/10.1093/forestry/69.2.111>
- Musat, E.-C., Salca, E.-A., Dinulica, F., Ciobanu, V.D., & Dumitrascu, A.-E. (2016). Evaluation of Color Variability of Oak Veneers for Sorting. *BioResources*, 11(1), 573-584. <https://doi.org/10.15376/biores.11.1.573-584>
- Petronije, J. (2017). Mechanical preparation of raw materials in production of sliced veneer. *Thirteenth International Scientific Conference the Teacher of the Future*, 1437-1441. 25-28.05.2017, Budva, Montenegro
- Sadoth, S., François, M., Wahbi, J., & Jean-Rodolphe, P. (2007). Discolouration of oakwood during vacuum-drying. *II Conference de la Société Française de Génie de Procédés. At: Saint Etienne, France*. Volume 96.

- Wagenführ, A., Buchelt, B., Kairi, M., & Weber, A. (2023). Veneers and Veneer-Based Materials. In book: *Springer Handbook of WoodScience and Technology*, 61, 1347-1407. https://doi.org/10.1007/978-3-030-81315-4_26
- Wagenführ, A., Tobisch, S., Emmeler, R., Buchelt, B., & Schulz, T. (2012). Veneer in Interior Work. Definitions – Properties – Veneering – Examples of Veneer Use. *An information brochure published by Initiative Furnier+Natur e.V. Furnier im Innenausbau. 1st english issue.*
- Wiedenbeck, J., Wiemann, M., Alderman, D., Baumgras, J., & Luppold, W. (2003). Defining hardwood veneer log quality attributes. *Northern Research Station, USDA Forest Service, Newtown Square, PA.*

Evaluation of color variability of sliced oak veneer in the process of its manufacture

Yu. Huber¹, Z. Kopynets², Zh. Humeniuk³,
R. Shchupakivskyi⁴, V. Partyka⁵

Sliced veneer has the highest value as a facing material, provided that the natural color of the wood is preserved. Therefore, the study of the color characteristics of sliced veneer is of considerable practical importance.

The object of the study is sliced veneer from European oak wood (*Quercus robur* L.), since it is produced in significant quantities by Ukrainian enterprises.

The experimental studies were carried out under the production conditions of the *Euroshpon* LLC, which specializes in the production of sliced veneer. The co-

lor properties of sliced veneer were studied using the *CIELab* chromatic system.

During the experimental studies, the duration of the steaming process was 16 hours at a steam temperature of 115 °C, and the boiling process was 36 hours at a water temperature of 98 °C.

The sliced veneer samples were taken at a depth of 5 cm, 10 cm, 15 cm from the surface of the specimens for atmospheric drying and kept at a temperature of 20 °C and relative humidity near 50% during 14 days (for chamber drying at a temperature of 135 °C – within 120 s).

In order to determine the natural color of oak wood, a reference sample of sliced veneer was taken, obtained from wainscots that had not undergone hydrothermal treatment. The sample was taken based on its uniform texture and color and obtained from logs that had not undergone hydrothermal treatment. Also, this sample was not subject to kiln drying. During the heat treatment (steaming, boiling), the temperature distribution across the cross section of the sample is not uniform. Wood at a depth of 50 mm warms up faster and to higher temperatures than at depths of 100 and 150 mm.

According to the results of the experimental studies, the color scale readings of the reference sample are as follows: $L^*=65.80$; $a^*=6.59$; $b^*=23.39$. The brightness of sliced oak veneer made from steamed wainscots and dried in the atmospheric conditions is $L^*=63.57-65.52$, while the brightness of the sample dried in a drying chamber is $L^*=62.79-65.09$. The brightness of sliced oak veneer made from boiled logs and dried in the atmospheric conditions is $L^*=63.82-65.43$, the brightness of the sample dried in a drying chamber is $L^*=63.55-64.88$.

The parameter a^* for sliced veneer sample taken from steamed wainscots is $a^*=5.03-5.58$, and for sliced veneer sample taken from boiled wainscots is $a^*=6.24-6.97$. The parameter a^* for sliced veneer taken from steamed wainscots is $a^*=5.03-5.58$, and for sliced veneer sample taken from steamed wainscots, the parameter $a^*=6.24-6.9$.

The component b^* for sliced veneer sample taken from steamed wainscots is $b^*=20.21-20.85$, and for sliced veneer sample taken from steamed wainscots – $b^*=20.47-20.99$.

The obtained research results can be applied in production conditions for the purpose of adjusting hydrothermal treatment modes and other processes in the manufacture of sliced oak veneer. The technological operation of oak logs boiling in the production of sliced veneer is recommended to be used in the case when it is necessary to achieve a lighter and more uniform color of the veneer, taking into account a longer process of heat treatment. Steaming oak logs has some advantages when it is necessary to increase manufacturing productivity without taking into account the color characteristics of the veneer.

Key words: *Quercus robur* L.; sliced veneer; wood color; CIELab; steaming; drying; heat treatment.

- ¹ Yuriy Huber – PhD in Technical Sciences, Associate Professor at the Department of environment and wood protection and safety of life. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: +380678117118. E-mail: yuriy.huber@ntu.edu.ua ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2678-511X>
- ² Zoya Kopynets – PhD in Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Saw-Milling, Joinery and Wooden Building Products. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: +38-067-670-20-58. E-mail: zoya_kopynets@ntu.edu.ua ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8977-6953>
- ³ Zhanna Humeniuk – Assistant Professor at the Department of environment and wood protection and safety of life. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: +38-097-478-44-07. E-mail: zhanna.humenyuk@ntu.edu.ua ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9453-5812>
- ⁴ Roman Shchupakivskyi – PhD in Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Saw-Milling, Joinery and Wooden Building Products. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: +38-097-856-90-54. E-mail: roman.shchupakivskyi@ntu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5242-1267>
- ⁵ Vladyslav Partyka – Master of Science, Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. E-mail: yuriy.huber@ntu.edu.ua

7. РЕЦЕНЗІЇ, ВІДГУКИ ТА ВІТАННЯ

УДК 630*(092)

Наближене до природи лісівництво – основа сталого розвитку та багатофункціонального ведення лісового господарства в Україні (до 80-річчя від дня народження професора Григорія Криницького)

В. В. Лавний, С. І. Миклуш, В. О. Крамарець, В. В. Павлюк, Ю. М. Дебринюк, Я. П. Целень



Григорій Томкович Криницький – відомий вчений у галузі лісівництва, фізіології і біохімії деревних рослин, лісової селекції, доктор біологічних наук, професор, Заслужений діяч науки і техніки України, Президент Лісівничої академії наук України, Відмінник освіти України, Відмінник лісового господарства України, Почесний лісівник України, Державний стипендіат в сфері освіти і науки України, завідувач кафедри лісівництва Національного лісотехнічного університету України. Його наукові праці присвячені дослідженню електрофізіологічних процесів у деревних рослин, розкриттю закономірностей сукцесійного розвитку молодняків на зрубках, вивченню фізіолого-біохімічних аспектів життєдіяльності деревних рослин, виявленню індивідуальних особливостей насіннюшення дерев у лісових популяціях, запровадженню вибіркового наближеного до природи лісогосподарування.

Вченим розроблено теоретичні і методичні основи нового морфофізіологічного напрямку в лісовій селекції, біоелектричний метод дослідження життєвості дерев, опрацьована морфофізіологічна концепція триступеневого селекційного відбору дерев, розроблена шкала виявлення високопродуктивних дерев за фізіолого-біохімічними показниками.

Професором Г. Т. Криницьким розвинуто уявлення про молодий ліс як неусталену систему, що швидко розвивається, описані системні принципи його структурно-функціональної організації. Ним вперше в умовах Львівського Розточчя проведені комплексні морфофізіологічні дослідження росту і збереженості географічних культур сосни звичайної; на площі 200 га в Закарпатті і Прикарпатті розпочато інтродукцію ялиці великої – швидкорослого деревного виду Північної Америки.

Близько 15 років професор Г. Т. Криницький вивчав пострадіаційні закономірності росту і розвитку деревних рослин у зоні відчуження Чорнобильської АЕС. За отриманими результатами досліджень на генетико-селекційній основі розроблено заходи щодо підвищення стійкості лісостанів на радіаційно забруднених територіях.

Для організації вибіркового, екологічно орієнтованого наближеного до природи лісівництва під керівництвом вченого в державних лісгосподарських підприємствах Львівщини закладено низку науково-виробничих стаціонарів та стаціонарних пробних площ, де опрацьовуються технології переформування наявних одновікових деревостанів у різновікові мішані з багаторівневою вертикально і горизонтально зімкнутою структурою на основі природного насінного поновлення.

Учений автор і співавтор понад 300 наукових праць, підготував 15 кандидатів та 11 докторів наук. За його керівництва і безпосередньої участі виконано 20 держбюджетних і 27 госпдоговірних тем з проблем вищої освіти та актуальних питань лісівництва.

Відзначений нагрудним знаком «За наукові та освітні досягнення», почесними грамотами Верховної Ради України, Міністерства освіти і науки України, Львівської обласної державної адміністрації та Львівської обласної ради, Товариства лісівників України, НЛТУ України.

Життєве кредо: Життя – це рух.

«Мій ліс – мій храм, щодня молюся в ньому. Я в лісі – вдома. Тут мені завжди і затишно і любо». Ці поетичні слова професора кафедри лісівництва НЛТУ України, поета Національної спілки письменників України В.Д. Бондаренка найзмистовніше відображають життєвий шлях Григорія Томковича Криницького – відомого вченого в галузі лісівництва, фізіології і біохімії деревних рослин, лісової селекції, доктора біологічних наук, професора, Заслуженого діяча науки і техніки України, Президента Лісівничої академії наук України, завідувача кафедри лісівництва Національного лісотехнічного університету України, якому 24 березня 2024 року виповнюється 80 років.

Все життя Г.Т. Криницького пов'язане з лісом. Народився у лісистому Карпатському краї – гірському селі Ріпки Горлицького повіту Краківського воєводства (Польща), оточеному ялицево-буковими високопродуктивними життєдайними лісостанами. У 1946 році під час відомої злочинної операції «Вісла» разом з батьками був переселений у Тернопільську область, де його чекало босоноге дитинство. Сім'ю поселили на хуторі с. Лучки Микулинського району, який також був оточений лісом, але вже грабово-дубовим.

Постійне, з дитячих років, спілкування з лісом та лісівниками і зумовило вибір майбутньої професії Г.Т. Криницьким. У 1961 р. після закінчення середньої школи він вступив на лісгосподарський факультет Львівського лісотехнічного інституту (ЛЛТІ) за спеціальністю «Лісове господарство», який, у зв'язку зі службою в радянській армії (був призваний з третього курсу інституту терміном на три роки), закінчив у грудні 1969 року. Впродовж 1970-1972 рр. працював інженером і науковим співробітником науково-дослідної групи кафедри лісівництва. У 1973-1975 рр. навчався в аспірантурі при цій же кафедрі. В 1976 р. захистив дисертацію на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук на тему «Дослідження зв'язку метаболічних електропотенціалів із життєвістю підросту деревних рослин». З цього ж року працює в ЛЛТІ: спочатку науковим співробітником, з 1978 р. – старшим викладачем, з 1980 р. – доцентом, а з 1983 р. – завідувачем кафедри дендрології і деревинознавства. У 1991 р. обирається де-

каном лісгосподарського факультету, а з 1994 р. до кінця грудня 2018 р. працює проректором з наукової роботи Українського державного лісотехнічного університету (тепер Національного лісотехнічного університету України). З кінця грудня 2018 р. до цього часу працює завідувачем кафедри лісівництва НЛТУ України.

Докторську дисертацію на тему «Морфофізіологічні основи селекції деревних рослин» захистив у 1993 р., вчене звання професора отримав у 1994 р., почесне звання Заслужений діяч науки і техніки України – у 2005 році.

Наукові праці професора Г.Т. Криницького присвячені дослідженню електрофізіологічних процесів у деревних рослин, розкриттю закономірностей формування і функціонування молодих лісостанів, вивченню фізіолого-біологічних аспектів життєдіяльності деревних рослин у конкретних умовах середовища, виявленню індивідуальних особливостей насіннюшення дерев у популяціях сосни звичайної, сосни кедрової європейської і модрини європейської.

Ученим розроблені теоретичні і методичні основи нового морфофізіологічного напрямку в лісовій селекції. Визначені завдання та перспективи розвитку цього напрямку, його значення для інтенсифікації селекційного процесу в лісових екосистемах. У його роботах також розроблений, теоретично обґрунтований та експериментально перевірений біоелектричний метод дослідження життєвості деревних рослин, який ґрунтується на вивченні методичних питань вимірювання біоелектричних потенціалів (БЕП) дерев у польових умовах, впливу мікрокліматичних чинників на біоелектричну активність деревних рослин, виявленню добових і сезонних ритмів БЕП та їх градієнтів по висоті і діаметру стовбурів. Водночас опрацьована морфофізіологічна концепція триступеневого селекційного відбору дерев, запропонована шкала виявлення високопродуктивних дерев за фізіолого-біологічними показниками, описано новий генетико-селекційний маркер – ступінь поєднаності, скорельованості змін фізіолого-біологічних процесів у часі в селекційних об'єктах, показана його ефективність і достовірність, представлена теоретична інтерпретація та методика використання.

Розроблені ювіляром морфологічно-фізіологічні основи селекції деревних рослин можуть бути використані для ефективного вирішення різних селекційних задач: вивчення генофонду, ідентифікації генотипів, паспортизації клонів на лісонасінних плантаціях, дослідження взаємодій в системі «генотип-середовище» і донорно-акцепторних зв'язків між генотипами, визначення ступеня успадкування потомством метаболізму материнських дерев, виявлення індивідумів, стійких до дії несприятливих біотичних та абіотичних чинників, вивчення антропогенних впливів на генетичну структуру лісостанів, виявлення генетико-селекційних відмінностей між географічними та еколого-популяційними варіантами в лісових культурах, підбору батьківських пар для гібридизаційних схрещувань та отримання гетерозисного ефекту тощо.

Професором Г.Т. Криницьким розвинуто уявлення про молодий ліс як неусталену систему, що швидко розвивається, описані системні принципи його структуро-функціональної організації, розкрито закономірності суцесійного розвитку молодняків на зрубах суцільних, рівномірно-поступових, групово-вибіркового, добровільно-вибіркового і механізованих улоговинних рубок у сосново-дубових насадженнях Львівського Розточчя та в гірських букових лісах Карпат. Вивчено морфологічно-фізіологічні особливості просторово-параметричної будови природних молодняків та опрацьовано підходи до проведення в них генетико-селекційних робіт.

Ювіляром вперше в умовах Львівського Розточчя проведено комплексні морфологічно-фізіологічні дослідження росту і збереженості географічних культур сосни звичайної, на площі понад 200 га в Закарпатті і Прикарпатті розпочато інтродукцію ялиці великої – швидкорослого деревного виду Північної Америки, виявлено особливості її адаптації до лісорослинних умов Українських Карпат та особливості передпосівної підготовки насіння, розроблено технологію вирощування садивного матеріалу і створення лісових культур.

Близько п'ятнадцяти років професор Г.Т. Криницький, разом зі своїм учнем, доктором біологічних наук, професором В.К. Заїкою вивчав пострадіаційні закономірності росту і розвитку деревних рослин в зоні відчуження Чорнобильської АЕС. На основі сучасних методів досліджень ними встановлено значний вплив іонізуючого опромінення на характер проходження фізіолого-біохімічних процесів у дорослих дерев та їхніх потомств і на генетико-селекційній основі розроблено заходи щодо підвищення стійкості лісостанів на радіоактивно забруднених територіях.

Професором Г.Т. Криницьким разом з його учнем, першим заступником начальника Західного міжрегіонального управління лісового і мисливського господарства, кандидатом сільськогосподарських наук Я.П. Целемем та за активного сприяння начальника цього ж відомства, доктора економічних наук А.М. Дейнеки проведена значна робота з організації наближеного до природи лісівництва –

системи організації і ведення лісового господарства, за якої досягається безперервне відновлення і формування лісостанів, максимально подібних за структурою і генезисом до природних.

Наближене до природи лісогосподарювання застосовує на пріоритетну увагу лісівників, оскільки є вибірковою, екологічно орієнтованою і зумовлює на лісових ділянках постійну наявність деревостану. Воно передбачає, на підставі копіювання природних процесів, запровадження такої системи заходів, яка посилює стійкість деревостанів, їхню багатофункціональну роль за мінімально необхідного втручання в життя лісу. Лише за організації наближеного до природи лісівництва забезпечується високе біорізноманіття і значна структурованість лісостанів, постійний обмін речовиною, енергією та інформацією між компонентами лісу і, як наслідок, його стабільність, біотична стійкість і саморегуляція навіть в умовах постійної зміни та дії несприятливих чинників зовнішнього середовища.

Основою запровадження наближеного до природи лісівництва є наявність різновікових, переважно мішаних лісостанів, які характеризуються складною просторовою структурою і постійною наявністю процесів природного поновлення. На жаль, у лісовому фонді України, внаслідок проведення суцільних рубок і створення на зрубах лісових культур, їх дуже мало. Лісостани України, зазвичай, інтенсивно оголоджені, значною мірою перетворені в одновікові, часто однопородні деревостани.

У зв'язку з цим, під керівництвом ученого в державних лісогосподарських підприємствах Львівщини закладено низку науково-виробничих стаціонарів та стаціонарних пробних площ, де опрацьовуються технології переформування наявних одновікових деревостанів у різновікові мішані з багатоярусною вертикально і горизонтально зімкнутою структурою на основі природного насінного поновлення.

На кафедрі лісівництва під керівництвом та сприянням професора Г.Т. Криницького, його учнем, доктором біологічних наук, професором Р.Т. Гутом, уперше в Україні організовано науково-дослідну лабораторію молекулярно-генетичних маркерів деревних рослин, яка з допомогою Лондонського університету (Англія) укомплектована унікальним сучасним обладнанням. В організованій лабораторії вперше у світовій практиці з проростків сосни звичайної виділено ендемічний білок – дефензин з патогеніндукувальними властивостями. Також уперше в історії вивчення біорізноманіття лісів України у Світовий банк генів Gen Bank (NCBI, Вашингтон, США) подано і зареєстровано клони к-ДНК різних генотипів високопродуктивної сосни звичайної.

Професор Г.Т. Криницький є досвідченим педагогом. На високому теоретичному та науково-методичному рівні здійснює підготовку бакалаврів, магістрів, докторів філософії за освітніми програмами «Лісове господарство», «Садово-паркове господарство» та освітньо-науковою програмою

«Лісове господарство». Впродовж 1978-1995 рр. проводив заняття з навчальної дисципліни «Фізіологія та біохімія деревних рослин», долучався до читання лекцій з «Лісової селекції». З 1995 р. викладає навчальний курс з дисципліни «Лісознавство», для докторів філософії започаткував проведення занять з дисципліни «Наближене до природи лісівництво».

Багаторічні інтенсивні наукові дослідження в лісах Карпат, Полісся, Поділля, Розточчя, великий обсяг зібраного вченим експериментального матеріалу дали йому змогу самостійно та в співавторстві опублікувати у вітчизняних та зарубіжних виданнях (зокрема й у виданнях, які входять у наукометричні бази Scopus та Web of Science) понад 300 наукових праць, у т.ч. вісім монографій, три навчальні посібники, три термінологічних словники, шість препринтів, дев'ять методичних рекомендацій, одне авторське свідоцтво на винаходи та два патенти. Серед них, «Букові ліси Західного Поділля» (2004), «Стратегія і тактика природоохоронної діяльності лісового заповідника» (2006), «Наближене до природи та багатофункціональне ведення лісового господарства в Карпатському регіоні України та Словаччини» (2014), «Технологія вирощування плантаційних лісових насаджень у західному регіоні України» (2016), «Основи лісогосподарювання» (2022), «Лісівництво: українсько-англійський термінологічний словник» (2024).

Під керівництвом професора Г.Т. Криницького та його безпосередньої участі виконано 20 держбюджетних і 27 госпдоговірних тем з проблем вищої освіти та актуальних питань лісівництва. Учасник міжнародного наукового проєкту Фольксваген-фондації на тему «Strengthening the Adaptive Potential of the Forests of Western Ukraine, Northwest Russia and Southwest Germany to Changing Environmental Condition and Societal Needs». Альбрехт-Людвіг університет м. Фрайбург (Німеччина), кафедра росту лісу, наказ № 121/1 від 27.04.2016 р. Отримані результати впроваджено в освітній процес, науково-методичний розвиток досліджень та у лісогосподарське виробництво.

Професор Г.Т. Криницький здійснює підготовку аспірантів і докторантів з 1984 року. Під його керівництвом підготовлено і захищено 15 кандидатських та 11 докторських дисертацій. Двадцять п'ять років очолював спеціалізовану Вчену раду Д 35.072.02 із захисту докторських і кандидатських дисертацій за спеціальностями 06.03.02 – Лісові культури і фітомеліорація та 06.03.03 – Лісознавство і лісівництво в Національному лісотехнічному університеті України (на сьогодні член цієї ради) та був членом аналогічної спецради в Національному університеті біоресурсів і природокористування (м. Київ).

Загалом професор Г.Т. Криницький виконував і виконує низку громадських доручень. Окрім роботи в спеціалізованих Вчених радах, він дванадцять років був головою науково-методичної комісії Міністерства освіти і науки України з напрямку «Лісове і садово-паркове господарство», заступником

голови експертної ради з харчової і легкої промисловості та сільського господарства при Державній акредитаційній комісії МОН України, членом секції Наукової ради МОН України за фаховим напрямом «Охорона навколишнього середовища», членом наукової секції Наукової ради МОН України за фаховим напрямом «Наукові проблеми сільського, лісового і садово-паркового господарства, ветеринарії», членом робочої групи МОН України з розроблення стандартів вищої освіти за фаховим напрямом «Лісове і садово-паркове господарство», головним редактором наукового журналу «Український ліс».

На сьогодні вчений є Президентом Всеукраїнської громадської організації «Лісівнича академія наук України», членом Наукової ради з проблем лісознавства і лісівництва при Національній академії наук України, членом Науково-технічних рад природних заповідників «Розточчя» і «Медобори» та Національного природного парку «Сколівські Бескиди», членом Товариства лісівників України, гарантом освітньо-наукової програми «Лісове господарство» за спеціальністю 205 «Лісове господарство» третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти, членом редколегій низки вітчизняних і зарубіжних видань.

За багаторічну плідну працю професор Г.Т. Криницький відзначений багатьма відзнаками. Серед них: Почесне звання «Заслужений діяч науки і техніки України» (Указ Президента України, 2005 р.); Державний стипендіат у сфері освіти і науки України (Указ Президента України, 2018 р.). Ученого нагороджено нагрудними знаками Міністерства освіти і науки України «Відмінник освіти України» (1995 р.), «За наукові та освітні досягнення» (2018 р.); нагрудними знаками Державного комітету лісового господарства України «Відмінник лісового господарства України» (2004 р.), «Почесний лісівник України» (2009 р.); нагрудним знаком Товариства лісівників України «Почесний лісівник України» (2022 р.); Почесними грамотами Верховної Ради України (2014 р.), Міністерства освіти і науки України (2000 р.), Львівської обласної державної адміністрації та Львівської обласної ради (2004 р., 2012 р.), Товариства лісівників України (2004 р.), Національного лісотехнічного університету України (2009 р., 2010 р., 2014 р., 2016 р., 2019 р.); Подяками Львівської обласної державної адміністрації (2018 р.) та Державного агентства лісових ресурсів України (2015 р., 2022 р.), Національного лісотехнічного університету України (2014 р., 2016 р.), IV Всеукраїнського лісопромислового форуму (2023 р.); іменним годинником Голови Державного комітету лісового господарства України (2005 р.); Дипломом Лауреата обласної премії для працівників наукових установ та закладів вищої освіти (2021 р.).

Шановний Григорію Томковичу, зичимо Вам міцного здоров'я, добробуту та родинного затишку, сил і насаги, щасливих подій і миттєвостей, радісних звісток і свят. Нехай усі Ваші дні будуть наповнені любов'ю рідних, повагою колег, при-

ємними клопотами, прекрасним самопочуттям і оптимістичним настроєм. Бажаємо Вам професійної інтуїції та подальших творчих звершень на славу Українського лісу. Нехай зелений шум лісових дерев звеселяє Вас, наповнює Вашу життєву дорогу теплом і натхненням, додає ентузіазму в досягненні нових наукових вершин! З роси і води!

Close-to-nature forestry is the basis of sustainable development and multifunctional forest management in Ukraine (to the 80th anniversary of the birthday of Professor Hryhoriy Krynytskyi)

V. Lavnyy, S. Myklush, V. Kramarets, V. Pavlyuk,
Iu. Debryniuk, Y. Tselen

Hryhoriy Tomkovych Krynytskyi is a well-known scientist in the field of forestry, physiology and biochemistry of woody plants, forest breeding, doctor of biological sciences, professor, Honored Worker of Science and Technology of Ukraine, President of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Excellent in Education of Ukraine, Excellent in Forestry of Ukraine, Honorary Forester of Ukraine, State Scholarship holder in the Field of Education and Science of Ukraine, Head of the Department of Forestry at the Ukrainian National Forestry University.

His scientific works deal with the study of electrophysiological processes in woody plants, revealing the patterns of successional development of young trees in cutover areas, studying the physiological and biochemical aspects of the vital activity of woody plants, the identification of individual features of tree seed production in forest communities, and introducing selection close-to-nature forest management.

The scientist has developed the theoretical and methodological foundations of a new morphophysiological direction in forest breeding, a bioelectric method for studying the vitality of trees, worked out

the morphophysiological concept of a three-stage selection of trees, and developed a scale for identifying highly productive trees based on physiological and biochemical indicators. Professor H. T. Krynytskyi has developed the concept of a young forest as a rapidly and continuously developing system, and described the systemic principles of its structural and functional organization. He was the first, in the conditions of the Lviv Rostochchia, to carry out comprehensive morphophysiological studies on the growth and preservation of provenance trial plantations of Scots pine; in an area of 200 hectares in the Transcarpathian and Subcarpathian regions, the introduction of giant fir – a fast-growing tree species of North America – was started.

For about 15 years, Professor H. T. Krynytskyi was studying the post-radiation patterns of growth and development of woody plants in the exclusion zone of the Chornobyl nuclear power plant. Based on the research results obtained, measures have been developed on a genetic-selection basis to increase the sustainability of forest stands in radiation-contaminated areas.

In order to organize selection and environmentally oriented close-to-nature forestry, state forestry enterprises in Lviv region, under the guidance of the scientist, have established a number of research-and-production centers and permanent study plots, where technologies are being developed to transform, on the basis of natural regeneration by seed, the existing even-aged forest stands into mixed uneven-aged stands with multi-storeyed vertically and horizontally closed structure.

The scientist is the author and co-author of more than 300 scientific works, has trained 15 PhD holders and 11 senior doctors of science. Under his leadership and direct participation, 20 state budget and 27 economic contractual topics on higher education issues and topical issues of forestry were completed.

He was awarded the badge “For Scientific and Educational Achievements”, certificates of honor of the Verkhovna Rada of Ukraine, the Ministry of Education and Science of Ukraine, the Lviv Regional State Administration, and the Lviv Regional Council.

His Life Credo: Life is movement.

УДК 630*(092)

Ліс і поле в системі агролісомеліоративних досліджень (до 70-річчя від дня народження академіка Лісівничої академії наук України, професора В. Ю. Юхновського)

Г. Т. Криницький, О. І. Пилипенко, Ю. М. Дебринюк, Я. В. Генік



4 січня 2024 року виповнюється 70 років від Дня народження та 45 років виробничої і науково-педагогічної діяльності **Василя Юрійовича Юхновського** – професора кафедри відтворення лісів та лісових меліорацій Національного університету біоресурсів і природокористування України, доктора сільськогосподарських наук, відомого вченого в галузі лісових меліорацій, захисного лісорозведення, агролісівництва, лісової таксації і лісовпорядкування. Вчений вперше розробив наукові основи оптимізації лісоаграрних ландшафтів з деталізацією просторово-параметричної структури їх лісової компоненти, здійснив систематизацію та оцінювання антропогенних впливів з обґрунтуванням необхідності запровадження агролісомеліоративного моніторингу, розробив лісотаксаційні нормативи росту і продуктивності головних лісотвірних видів лісомеліоративних насаджень. Науковий здобуток ювіляра нараховує близько 300 публікацій, серед них 11 монографій, шість підручників, п'ять навчальних посібників, шість патентів, три державних стандарти, наукові та популярні статті, тези, нормативні документи тощо. З них, 25 наукових робіт опубліковано в міжнародних виданнях, які індексуються у наукометричних базах Scopus і WoS. Науковцем підготовлено два доктори і 14 кандидатів наук. На сьогодні вчений впроваджує у сільськогосподарське виробництво систему агролісівництва, як важливу складову органічного землеробства. Професор В. Ю. Юхновський є членом виконавчого комітету Європейської федерації агролісівників, в якій представляє Україну як Голова громадської організації «Українська асоціація агролісівників».

Вступ. Юхновський Василь Юрійович – доктор сільськогосподарських наук, професор, академік Лісівничої академії наук України, член її Президії (у недавньому минулому), член НТР Національного наукового центру «Лісове господарство», Голова ГО «Українська асоціація агролісівників», який 4 січня 2024 року зустрічає свій 70-річний ювілей.

Саме висвітленню основних різновекторних напрямів наукових досліджень Ювіляра, пов'язаних з впливом лісових екосистем на поліпшення агроландшафтів, аналізу його активної педагогічної, гро-

мадської, міжнародної діяльності та інших життєвих аспектів присвячена ця публікація.

Народився В. Ю. Юхновський у селянській сім'ї на Тернопільщині у с. Верещаки Ланівського району, що розташоване на яружно-балкових системах водозборів річки Горинь. Дошкільнику запам'яталися безлісні горбисті ландшафти і стрічки вербологів вздовж річки та її приток. У 1961 р. батькові юнака запропонували роботу на посаді «десятник лісу» у Сокальському лісництві Радехівського держлісгоспу, тому після переїзду сім'ї на Львівщину Василь навчався у восьмирічній школі,

що знаходиться у с. Тудорковичі Сокальського району на берегах Західного Бугу на межі з Волинською областю. Тут школяр майже щорічно брав участь у лісокультурних кампаніях під час весняних посадок, багато часу проводив у лісових масивах і на лісосіках, що стало однією із цеглинок у виборі майбутньої спеціальності.

Однак молодий випускник восьмирічки вже мав на руках скерування у Нововолинське медичне училище, але випадок інакше вирішив його долю. Як розповів нам Василь Юрійович, у серпні 1968 р. у Донецьку зустрічалися гранти українського футболу – «Шахтар» і «Динамо». Причому відбувалися одразу два матчі – на Кубок і Чемпіонат країни з перервою у три дні. Брат Василя Володимир, який на той час навчався у Великоанадольському лісовому технікумі, запропонував двом молодим випускникам школи відвідати ці матчі і водночас взяти із собою шкільні випускні свідоцтва. Так майбутній вчений із майбутнім директором Славського міжколгоспного лісгоспу Василем Гойдало стали студентами цього унікального у степовій частині України лісового закладу. Чим не приклад дії закону філософії «випадковості і закономірності»?

Після закінчення з відзнакою лісового технікуму молодий технік-лісівник був скерований у Всесоюзне державне лісовпорядне підприємство «Укрдержліспроект» (м. Ірпінь), де пропрацював на посаді «помічник таксатора» рівно два місяці та був призначений на військову службу (1972-1974). Після завершення строкової служби навчався на лісгосподарському факультеті Української сільськогосподарської академії. Саме там проявилася схильність Ювіляра до пізнання природи лісу і наукових пошуків.

Визначним чинником становлення В.Ю. Юхновського, як науковця, стало спілкування з науковим керівником дипломної роботи, а потім і кандидатської дисертації професором Анатолієм Зіновійовичем Швиденком – визначним ученим у галузі лісовпорядкування і лісової таксації, Нобелівським лауреатом. У 1988 р., за рік до завершення навчання в заочній аспірантурі, В.Ю. Юхновський захистив дисертаційну роботу «Таксаційна структура, ріст і продуктивність дубових полезахисних лісових смуг Лісостепу і Північного Степу України» за спеціальністю 06.03.02 – лісовпорядкування і лісова таксація, за що йому присуджено наукову ступінь кандидата наук.

На кафедрі лісової меліорації. Після завершення навчання в академії і дворічного стажування на кафедрі лісової таксації, як «стажист-викладач», вся подальша науково-педагогічна діяльність Ювіляра пов'язана з кафедрою лісової меліорації, яка в процесі еволюції вищого навчального закладу послідовно змінювала свої назви: лісової і гідротехнічної меліорації, лісової меліорації і оптимізації лісоаграрних ландшафтів, відтворення лісів та лісових меліорацій.

В.Ю. Юхновський працював на посадах асистента (1981-1991), доцента (1992-2003), завідувача

кафедри (2003-2006), заступника декана лісгосподарського факультету з наукової роботи (1998-2000), директора Навчально-наукового інституту лісового і садово-паркового господарства (2004-2005), директора науково-дослідного інституту лісівництва та декоративного садівництва (2006-2010). Упродовж 2010-2016 рр. В.Ю. Юхновський працює завідувачем кафедри лісової меліорації та оптимізації лісоаграрних ландшафтів, а після реорганізації структури університету з 2016 р. і по теперішній час – професором кафедри відтворення лісів та лісових меліорацій.

Навчання в докторантурі проходило упродовж 2000-2003 рр. з достроковим захистом докторської дисертації на тему «Наукові основи оптимізації лісоаграрних ландшафтів рівнинної частини України» за двома спеціальностями: 06.03.01 – лісові культури та фітомеліорація і 06.03.02 – лісовпорядкування та лісова таксація. Науковим консультантом був доктор сільськогосподарських наук, професор Олексій Іванович Пилипенко. Вчене звання професора В.Ю. Юхновському присвоєно у 2005 р. по кафедрі лісової меліорації Національного аграрного університету.

Науково-педагогічний стаж роботи професора В.Ю. Юхновського становить понад 40 років. Тривалий час підготовку фахівців здійснював за спеціальностями: лісове господарство, геодезія і землеустрій, агрономія, екологія та охорона навколишнього середовища. Викладав низку навчальних дисциплін: «Введення в спеціальність», «Лісова меліорація»; «Основи гідротехнічної меліорації», «Агролісомеліорація», «Лісові ландшафти з основами лісівництва», «Основи гідротехнічної меліорації», «Лісоаграрні ландшафти», «Оптимізація лісоаграрних ландшафтів», «Методологія наукових досліджень» тощо. На сучасному етапі забезпечує підготовку фахівців за ОПП ОС «Магістр» і «Доктор філософії», викладаючи низку дисциплін: «Лісова меліорація»; «Agroforestry»; «Agroforestry systems»; «Practices and technologies»; «Фітомеліорація». Такий широкий спектр дисциплін потребує наукових знань різновекторного спрямування. Це і визначило урізноманітнення наукової діяльності Ювіляра.

Полезахисне лісорозведення. Проходячи стажування на кафедрі лісової таксації, молодий науковець визначив для себе завдання розробити нормативи росту основних лісотвірних деревних видів у полезахисних лісових смугах. Ця ідея була реалізована за результатами дисертаційного дослідження таксаційної структури і росту рядових і гніздових полезахисних лісових смуг дуба звичайного (Юхновський, Кашпор, 1987). Пізніше подібні нормативи були розроблені і для робінієвих насаджень (Юхновський, 1998). Новизною нормативів стали таблиці ходу росту з включенням частини деревостану, що вибирається. Це полегшує роботу з кількісної оцінки лісівничих заходів під час формування конструкцій лісових смуг. Паралельно було оформлено патент з таксації смугових насаджень,

ідея якого полягала у розробленні способу визначення діаметра з урахуванням ексцентричної форми поперечного перетину стовбура.

У цей період В. Ю. Юхновський плідно працює над низкою питань з полезахисного лісорозведення, пов'язаних з конструкціями лісових смуг, рубками догляду в лінійних насадженнях, визначенням біологічної продуктивності агрофонів і, власне, лісомеліоративних насаджень (Юхновський та ін., 2003; Пилипенко та ін., 2004b; Юхновський, Поліщук, 2007; Yukhnovskyi et al., 2021a).

Проте головним завданням науковця стала оптимізація лісової компоненти агроландшафтів. Ним розроблено параметрично-просторову структуру лісоаграрного ландшафту з деталізацією категорій лісомеліоративних насаджень. Уніфікована схема лісоаграрного ландшафту показує чітке місце елементів кожного рівня у ландшафтній системі, висвітлює взаємозв'язки й взаємовпливи лісівничих компонентів із природними та антропогенними факторами, слугує основою для оптимізації природокористування, насамперед, через раціональну організацію земельного фонду і системи захисних лісових насаджень (Юхновський, 2003). Ученим досліджено антропогенні навантаження і на їх основі здійснено інтегральну оцінку антропогенної трансформації ландшафтів. Водночас, значну увагу приділено поняттю стійкості лісоаграрних ландшафтів до антропогенних впливів. У цьому контексті обґрунтовано показники і методи кількісної оцінки стійкості, запас стійкості лісоаграрного ландшафту (Юхновський, 2008).

У вирішенні питань стійкості територій, реалізації одержаних оптимізаційних моделей вагоме значення мають управління процесом оптимізації ландшафтів і цілеспрямований вплив на них, постійне стеження за тим, чи набувають вони бажаних оптимізованих рис. Тому вченим важливе місце відведено організації агролісомеліоративного моніторингу агроландшафтів, першочерговими завданнями якого є обґрунтування методів збору, обробки, передачі та інтерпретації системи показників, які повною мірою характеризували б лісову і аграрну компоненти лісоаграрного ландшафту (Юхновський, 2002).

У співавторстві з професором О. І. Пилипенком (Пилипенко, Юхновський, 1998) здійснено теоретичне обґрунтування оптимальної полезахисної лісистості, встановлено моделі зв'язку між лісистістю та основними агролісомеліоративними параметрами ландшафту, розроблено моделі лісистості агроландшафтів на локальному та регіональному рівнях, обґрунтовано принципи формування оптимальної структури лісоаграрних ландшафтів.

Учений звернув увагу на те, що в період активізації досліджень біопродуктивності лісових насаджень і секвестрації вуглецю, полезахисні лісові смуги не виступали окремим об'єктом детального дослідження закономірностей нагромадження компонентів надземної фітомаси та атмосферного карбону. Така ситуація була виправлена досліджен-

нями його аспіранта А. М. Ходаша (Yukhnovskyi et al., 2017). Результатом проведених досліджень стали моделі оцінки компонентів фітомаси стовбура та крони дерева, нормативно-довідкові таблиці для визначення обсягів компонентів надземної фітомаси в абсолютно сухому стані і нагромадженого у них вуглецю для деревостану смугових насаджень. Аналіз розроблених нормативів виявив тенденцію до зростання частки фітомаси крони у лісових смугах дуба звичайного зі збільшенням віку, на відміну від масивних насаджень.

Професор В. Ю. Юхновський також зробив внесок у математичну інтерпретацію досліджень з формування лісомеліоративного комплексу екологічно збалансованих агроландшафтів Байрачного Степу, які виконувала Ю. М. Біла під керівництвом Л. І. Ткач (Біла, Ткач, Юхновський, 2018). Дослідниками розроблені концептуальні моделі лісомеліоративної складової еколого-ландшафтного облаштування агроландшафтів. Формування лісомеліоративного комплексу агроландшафту здійснено з використання географічних інформаційних методів, створенням картограм захищеності полів лісовими смугами з алгоритмами розрахунків кількісних показників меліоративної ефективності лісової компоненти агроландшафтів.

Науковця завжди турбував стан і перспективи розвитку лісомеліоративної справи в Україні. Ще на ранніх етапах кафедра лісової меліорації та оптимізації лісоаграрних ландшафтів, яку очолював учений, окреслила шляхи вирішення проблеми полезахисного лісорозведення в Україні (Юхновський та ін., 2009).

Кафедра також взяла активну участь у розробці законодавчого документу «Концепція розвитку агролісомеліорації в Україні». Практично під кожним пунктом Концепції є пропозиції кафедри. Зокрема, законодавчо-правовому забезпеченню імплементації Концепції присвячена публікація В. Ю. Юхновського і Г. Б. Гладуна (2015). Водночас, сучасний стан і правовий статус полезахисних лісових смуг у контексті земельної реформи висвітлено у праці В. Ю. Юхновського, В. М. Малюги і С. М. Дударця (2017).

На ювілейній міжнародній конференції, присвяченій 100-річчю кафедри відтворення лісів та лісових меліорацій, учений виступив з доповіддю «Сучасний стан і розвиток агролісівництва в Україні», базові положення якої увійшли у документ «Основні засади стратегії лісорозведення в Україні» (Ведмідь та ін., 2019).

Протирозійні меліорації. Значну увагу В. Ю. Юхновський присвятив проблемі захисту ґрунтів від водяної ерозії лісомеліоративними методами. Під його керівництвом цю тематику досліджували аспіранти і здобувачі: В. М. Хрик (Khryk et al., 2021), Я. І. Крилов (2014), Я. Л. Шестак (Юхновський, Шестак 2014), В. В. Міндер (Міндер, Малюга, Юхновський, 2019; Minder et al., 2022). Разом з ними і відомим ученим у галузі протирозійної меліорації професором В. М. Малюгою

розкрито основні причини розвитку ерозійних процесів і наслідків їх негативного прояву на різних яружно-балкових системах Канівсько-Ржищевського ерозійного регіону, Придеснянської і Придніпровської височини (центральна частина), а також на схилових паркових територіях м. Києва.

Дослідниками виявлено особливості росту і розвитку протиерозійних насаджень в умовах еродованих яружно-балкових територій. Змодельовано динаміку росту головних деревних видів у чистих і мішаних насадженнях, досліджено природне поновлення сосни звичайної та фізіологічні особливості розвитку дуба звичайного. Встановлено протиерозійні властивості захисних лісових насаджень різного породного складу, а, саме, вплив насаджень на водно-фізичні, фізико-хімічні та біологічні властивості ґрунтів, виявлення протиерозійних особливостей і біологічної активності лісової підстилки, скріплювальної дії кореневих систем тощо. Надано практичні рекомендації з удосконалення технології створення протиерозійних насаджень та проведення моніторингу протиерозійних лісових насаджень. Результати довготривалих досліджень викладено в монографіях (Юхновський та ін., 2013; Міндер та ін., 2019). Квінтесенцією комплексних протиерозійних досліджень стало теоретичне і практичне обґрунтування екологічної функції протиерозійних насаджень у відновленні родючості еродованих яружно-балкових територій з розробленими етапами їх повноцінного господарського використання, з наведенням структури захисних лісових насаджень та критеріїв її оптимізації.

Під керівництвом професора В. Ю. Юхновського проведено дослідження лісових насаджень на рекультивованих відвалах Юрківського буровугільного кар'єру, досліджено їхні меліоративні властивості, санітарний стан, продуктивність та лісівничо-меліоративна ефективність, запропоновано рекомендації щодо підвищення ефективності лісової рекультиваци порушених ландшафтів (Юхновський, Лобченко, Проценко, 2018с). Аналіз динаміки росту у висоту соснових насаджень на рекультивованих землях засвідчив переважання висот досліджуваних сосняків у молодому віці над культурами, створеними на непорушених землях. Цей феномен знаходить своє пояснення в освоєнні верхнього родючого насипного шару ґрунту об'єкту рекультиваци й інтенсивного розвитку у ньому кореневих систем. Однак, починаючи з III класу віку, насаджень на рекультивованих землях різко уповільнюють свій ріст і в 50-річному віці вже відстають у рості від сосняків рівнинних умов, оскільки у цей період кореневі системи дерев на рекультивованих землях вже проникають у нижчі порушені горизонти ґрунту і уповільнюють свій ріст.

Для умов Буковинського Передкарпаття проведено комплексні дослідження впливу різних за віком, складом та розміщенням на схилі буково-ялицевих насаджень на протиерозійну стійкість лісового ґрунту, визначено дефініцію протиерозійної стійкості, як здатність всіх взаємодіючих між со-

бою компонентів лісу протидіяти кінетичній енергії води і вітру, оптимізовано видовий склад і структуру насаджень високої протиерозійної стійкості (Яковишин, Юхновський, 2010). Вчені рекомендують під час проведення рубок переформування та оздоровлення лісів з метою підвищення протиерозійної стійкості насаджень, формувати мішані різновікові буково-ялицеві деревостани з перевагою у складі бука лісового. Домішка хвойних деревних видів (до 30%), зокрема ялиці білої, не погіршує, а навіть посилює водопоглинальні властивості підстилки і збільшує водопроникність ґрунту.

Здійснено вагомі дослідження з оцінки меліоративних властивостей гірських лісових екосистем та встановлення впливу туристичної діяльності на захисні властивості насаджень Карпатського національного природного парку (Ivanenko et al., 2023). Рекреаційний потенціал щодо придатності та привабливості території Парку для рекреації оцінено за методикою «Güleç Method» як «високий» (61%), а щорічна допустима кількість туристів, з урахуванням територій з обмеженим доступом, орієнтовно складає 0,5 млн рекреантів. Рекомендовано вдосконалити систему моніторингу відвідувачів для прогнозування можливої шкоди від надмірної концентрованої рекреації.

Водоохоронні лісові екосистеми. Водоохорона функція лісових екосистем залежить від багатьох факторів, включаючи вікову і видову структуру насаджень, кліматичні та едафічні умови, гідрологічний режим територій, лісгосподарську діяльність тощо. Вплив зазначених факторів висвітлено у працях багатьох вчених. Проте учні професора В. Ю. Юхновського працювали над ще не вирішеними питаннями стосовно вирощування водоохоронних насаджень у найпоширеніших лісорослинних умовах в різних гідрографічних районах: Десни (Головецький, Урлюк, Юхновський, 2021, Mezzalana et al., 2022), Середнього Дніпра (Расенчук, Юхновський, 2021), Сіверського Дінця (Горошко та ін., 2022). Дослідження на останньому об'єкті виконано В. В. Горошком під керівництвом професора В. П. Ткача.

Дослідники провели комплексні дослідження впливу водоохоронних насаджень на формування лісового середовища, зокрема: зміни твердості та водопроникності ґрунту, формування лісової підстилки, властивостей ґрунтів легкого механічного складу, будови і розповсюдження кореневих систем. Ними встановлено стан, особливості росту і продуктивності водоохоронних насаджень на гідрографічному фонді досліджуваних регіонів.

Сучасний стан водоохоронних насаджень у межиріччі Десни і Дніпра підтверджує, що соснові насадження доволі стійкі до впливу несприятливих умов середовища. Проте стиглі насадження свіжого бору належать до сильно ослаблених, а свіжого субору – до ослаблених, що пояснюється родючішими ґрунтами в суборових умовах та багатшим біорізноманіттям живого надґрунтового вкриття. Встановлено, що найвпливовішими чинниками

істотного погіршення санітарного стану стиглих і перестійних водоохоронних соснових насаджень є зміни гідрологічного режиму призаплавних територій, що призводить до ураження дерев омелою австрійською і кореневою губкою (Головецький та ін., 2021). Для підвищення біотичної стійкості насаджень водоохоронного призначення доцільно вводити у соснові культури до 20-30% листяних деревних видів. В осередках сильного ураження сосни кореневою губкою та омелою австрійською необхідно проводити оздоровлення деревостанів санітарними і доглядовими рубками. Для збереження сформованих лісових підстилок тришарового рівня в умовах Українського межиріччя Дніпра і Десни зі значними органічно-мінеральними запасами, що акумулювались впродовж століть, учені рекомендують відмовитись від практики вогневої зачистки лісосік від порубкових залишків під час проведення всіх видів рубок.

За результатами комплексних досліджень впливу водоохоронних насаджень середньої течії Сіверського Дінця на складові водного балансу розроблено нормативи оптимальної водоохоронної лісистості для досліджених водозборів, оцінено типологічну різноманітність лісів, ефективність використання лісорослинного потенціалу корінних деревостанів у найпоширеніших типах лісу (Горошко та ін., 2022). Моделі продуктивності модальних дубових деревостанів водозборів річок рекомендовано використовувати під час прогнозування росту й розвитку дубняків, проектування та проведення лісогосподарських і лісовпорядних робіт.

Значну увагу вчений приділив росту насаджень на територіях, де застосовувались осушувальні меліорації. Зокрема, у Волинському Поліссі змодельовано ріст соснових насаджень у межах регульованої осушувальної системи (Yukhnovskiy & Prokorchuk, 2018). Результати досліджень показали, що тривале і значне пониження рівня ґрунтових вод призводить до всихання насаджень. Тому для забезпечення оптимального гідрологічного режиму лісових ділянок потрібно застосовувати шлюзування каналів або здійснити реконструкцію осушувальної системи у систему двосторонньої дії.

Лісорозведення на піщаних землях. Оскільки піщані землі поширені у всіх областях держави, вчений також приділив значну увагу цьому унікальному об'єкту лісової меліорації. Зокрема, проведено дослідження з відтворення соснових насаджень Нижньодніпровської піщаної арени та її територіальних одиниць. Особливості водного режиму основних типів ґрунтів Кінбурнської піщаної арени досліджено разом з П. В. Пироговою (Yukhnovskiy & Pirohova, 2017). Результати дослідження гігроскопічності ґрунтів показали, що найменшої величини (0,5-3,3%) вона сягає в дерново-розвинених супіщаних ґрунтах, що сформувалися на давньо-алювіальних піщаних відкладеннях, а найбільшої – в солонцях середньосуглинистих піщаних (5,4-6,1%). За показниками гідрологічних досліджень ґрунти піщаної арени віднесено до випіт-

ного типу водного режиму. Також досліджено стан соснових насаджень Кінбурнської та Іванівської піщаних арен. Встановлено, що більшість соснових насаджень старших вікових груп характеризуються сильно ослабленим санітарним станом. Однією із причин кращого стану сосни кримської на території Іванівської піщаної арени є відсутність на едатопах рицини хвилястої, яка натомість дуже поширена в Кінбурнських лісах. Аналіз динаміки санітарного стану насаджень за типами лісорослинних умов виявив тенденцію їх погіршення із збідненням умов місцезростань. Для покращення санітарного стану сосняків доцільно своєчасно проводити рубки догляду і санітарні рубки з метою формування та оздоровлення лісостанів.

Піщані літоземи, що знаходяться у межах Київського Полісся, зазвичай мають антропогенне походження. На фоні незадовільного водного режиму, властивого цим піскам, та нестачі елементів мінерального живлення видовий склад деревних рослин, здатних сформувати на них біотично стійкі насадження, доволі обмежений, що пов'язано з пригніченням ростових процесів у надземних органах дерев (Brovko et al., 2021). Для вирощування сосни Банкса придатні лише намівні піски із щільністю у верхній метровій товщі 1,50-1,66 г·см⁻³ та з домішкою мулистих прошарків, наявних у межах її ризосфери (Brovko et al., 2022).

Насадження на шляхах транспорту. Захисні лісові насадження уздовж шляхів транспорту відіграють важливу лісівничо-меліоративну роль у захисті дорожнього полотна, прилеглих до нього територій різного призначення від несприятливого впливу природних факторів, а також антропогенного навантаження. Крім вітрозахисної, снігозатримувальної, протиерозійної, шумопоглинальної, кумулятивної ролі придорожні насадження формують біодизайн ландшафтів та забезпечують естетичну привабливість придорожніх культурфітоценозів. Перелічені функції досліджені аспірантами кафедри як у приколіїних насадженнях (Павлішина, 2009), так і в придорожніх лісових смугах (Maksimsev et al., 2021). Для встановлення акустичного забруднення, науковцями розроблено системну методику визначення поглинання шумових транспортних потоків приколіїними насадженнями. Отримано математичні моделі залежності акустичного навантаження від типу тяги, швидкості потягів та їх завантаженості, відстані від джерела забруднення, вегетаційного періоду, породного складу, ширини і конструктивних особливостей лісових смуг. За результатами досліджень шумопоглинальних властивостей насаджень сформовано оптимальну модель захисного насадження для досягнення найвищого акустичного ефекту на прилеглих до залізничних колій територіях. Перспективною є багаторівнева мішана хвойно-широколистяна лісосмуга із густим деревно-кущовим підліском.

Приколіїні і пришосейні насадження відзначаються підвищеним вмістом важких металів (Cu, Zn, Pb, Cd) в асиміляційних органах деревних і

кущових порід порівняно із встановленими гранично допустимими концентраціями мікроелементів у біомасі рослин (Maksimtsev et al., 2021). Це свідчить про здатність деревних рослин нагромаджувати токсичні речовини понад критичні норми у фітомасі крони. Встановлено, що для найпоширеніших у приколіїних насадженнях таких деревних видів як дуб звичайний, ясен звичайний, клен гостролистий, граб звичайний, акація жовта, бузина звичайна та скумпія шкіряста характерна висока кумулятивна функція, оскільки вони інтенсивно поглинають полутанти, а, отже, виконують роль фітомеліорантів навколишнього природного середовища. Перспективним напрямом у покращенні біодизайну придорожніх ландшафтів визначено урізноманітнення асортименту високодекоративними і гарно квітучими рослинами – робінією клейкою, горіхами, жасмином звичайним, форзицією пониклою, бузком звичайним тощо.

За результатами досліджень науковці рекомендують здійснити лісовпорядкування захисних насаджень залізниць та автомагістралей для встановлення їхніх лісівничо-таксаційних показників і з'ясування інтенсивності виконання ними захисних властивостей, розробити системну нормативно-довідкову базу і картографічні матеріали.

Зелена компонента урболандшафтів. Формування екологічно стійких та естетично атрактивних урболандшафтів вимагає комплексного підходу й оцінювання природного потенціалу лісових біогеоценозів з урахуванням їх особливих функцій у складі міської геосоціосистеми – кліматорегулювальної, санітарно-гігієнічної, рекреаційної, природоохоронної, екологічної, естетичної. Тому здобувачами професора В.Ю. Юхновського виконано низку наукових досліджень зеленої компоненти урболандшафтів.

Зокрема, О.М. Романець виконала дослідження приміських насаджень зеленої зони м. Києва. Нею встановлено флористичні та фітоіндикаційні характеристики, фізичні, фізико-хімічні, мікробіологічні властивості лісових ґрунтів. Виявлено низку фітомеліоративних особливостей насаджень, що знайшло своє відображення в показнику урбоекологічного потенціалу (Романець, Юхновський, 2021). Обґрунтовано шляхи практичного застосування показника урбоекологічного потенціалу соснових насаджень для оптимізації ведення лісопаркового господарства, а, саме, функціонального зонування території лісопарків та здійснення моніторингових спостережень.

Фундаментальні дослідження зеленого простору малих міст Київщини здійснено О.В. Зібцевою. Нею розроблено концептуальні основи формування системи озеленення малого міста у контексті екобалансованого розвитку. Розглянуто теоретичні, нормативно-правові і термінологічні аспекти формування системи зелених насаджень міст. Теоретичний аспект містить розгляд проблем: сучасного урбосередовища і значення зеленого простору (Yukhnovskiy et al., 2021b); екобалансованості

міської території як геосистеми (Yukhnovskiy & Zibtseva, 2020a); малих міст як сектора урбосередовища та їх особливостей, підходів до формування системи зеленого простору (Yukhnovskiy & Zibtseva 2020b); світових стандартів щодо забезпеченості зеленим простором як аспекту формування міської території (Zibtseva & Yukhnovskiy, 2019); використання ГІС-технологій під час дослідження і планування міських територій, якісних показників зелених насаджень, стійкості деревних видів, впровадження концепції екосистемних послуг у міське планування (Юхновський, Зібцева, 2019). Розглянуто світові типології і класифікації відкритого та зеленого простору (Юхновський, Зібцева, 2018a). Виявлено концептуальні відмінності та подібності у підходах до типології і класифікації озелених територій в Україні, країнах пострадянського простору та в інших країнах світу: між системою зелених насаджень і системою зеленого простору, а також зеленою інфраструктурою (Юхновський, Зібцева, 2018b).

Досліджено тренди екологічної стабільності малих міст: за показниками екологічної стійкості та стабільності територій на основі розгляду динаміки видів землекористування на сучасному етапі (відповідно до актуальних генеральних планів розвитку міст) і на заплановану в них 20-річну перспективу; за показниками озеленення міських територій; за забезпеченістю приміських зон лісовими масивами; за розподілом наземного покриття на базі сервісу Land Viewer EOS (Yukhnovskiy & Zibtseva, 2020b). Виконані дослідження дають підставу зробити висновок щодо необхідності інтеграції оцінювання екобалансованості міст на етапах розроблення генеральних планів, удосконалення положень містобудівних документів щодо формування систем зелених насаджень: уточнення класифікації, нормативів, приведення у відповідність із законодавством України, переходу від рекреаційного нормування зелених насаджень до екосистемного планування екобалансованих міст. Концепція компактного міста в парковому середовищі має стати реальним еталоном генерального планування малих міст. Зазначено, що, насамперед, для цього необхідне формування приміських зелених зон із наявністю рекреаційних, але переважанням захисних лісових масивів в обсягах, які б забезпечували екобалансований розвиток міських територій.

Агролісівництво. Останні два десятиліття професор В.Ю. Юхновський досліджує системи агролісівництва як практичний і недорогий засіб впровадження багатьох форм інтегрованого землекористування, спрямований на зменшення впливу людини на землю, що сприяє зеленій економіці, довгостроковому, сталому та відновлюваному управлінню агресурсами, особливо для дрібних виробників (Юхновський та ін., 2019). В умовах глобальної зміни клімату агролісівництво визначається як тип кліматично сприятливого землеробства, що доцільно поєднує деревну рослинність (дерева або/і кущі) із сільськогосподарськими культурами з ме-

тою підвищення еколого-економічної ефективності агроландшафтів (Гладун, Юхновський, 2010). Древа можуть бути всередині польових угідь або на їхніх межах (лісові смуги, живоплоти).

Агролісівництво здатне покращити стійкість сільського господарства завдяки збільшенню доходів від диверсифікації, зменшуючи при цьому витрати на виробництво, одночасно поліпшуючи екологічну ситуацію і тим самим пом'якшуючи зміни клімату. Наприклад, наявність деревних багаторічних рослин акумулює на тривалий термін CO₂ і зменшує потреби у мінеральних добривах завдяки фіксації азоту й утворенню органічних добрив.

Науковці також порушували питання щодо доцільності застосування агролісівництва з урахуванням існуючих наукових розробок і традицій, його адаптацію у вітчизняних агроландшафтах і як важливого елемента органічного землеробства (Гладун, Юхновський, 2009, 2010; Фучило та ін., 2021).

Для України найхарактернішою особливістю повинно бути використання принципів створення лісопольових угідь, оскільки у країні площа орних земель перевищує 33,5 млн га. В цьому контексті актуальним завданням є трансформація полезахисних лісових смуг, особливо пошкоджених військовими діями, в орно-лісовий тип агролісівництва, що неодноразово анонсовано на міжнародних конференціях (Юхновський, Тупчий, 2022; Yukhnovskiy et al., 2023). Таку трансформацію доцільно здійснювати у лісових смугах старших вікових груп (завичай після VI класу віку) і в пошкоджених насадженнях усіх вікових груп під час проведення реконструкційних рубок із видаленням узлісних рядів та сильно ослаблених дерев, тобто зменшення ширини лісової смуги до 5-7 м (майже удвічі). Такий трансформаційний підхід асоціюється із орно-лісовими системами агролісівництва у країнах ЄС, де професор В.Ю. Юхновський набував досвіду застосування агролісівництва і брав участь у міжнародних проектах, зокрема у проекті Life VAIA «Valuing afforestation of damaged woods with innovative agroforestry» у 2022 р. в Італії.

Отже, використання в Україні агролісівництва на принципово новій комерційній основі дасть змогу не лише покращити забезпечення сільськогосподарських угідь відповідним захистом від негативних факторів природно-антропогенного походження, але й отримати прибуток від додаткової конкурентоздатної продукції, що може бути використано у різних галузях економіки. Зважаючи на розвиток фермерського господарства та наявності чисельної ланки середніх за розмірами площ землекористувань сільськогосподарських товаровиробників, агролісівництво повинно активно розвиватись, оскільки екологічні та економічні вигоди від його впровадження очевидні та визнані світовою спільнотою.

Підсумки і перспективи. На сьогодні науковий здобуток професора В.Ю. Юхновського налічує близько 300 публікацій, серед яких 11 монографій, шість підручників з грифом МОН і МАП, п'ять

навчальних посібників, шість патентів, три державних стандарти, наукові та популярні статті, тези, нормативні документи тощо. З них опубліковано у виданнях, які віднесено до міжнародних наукометричних баз даних – 38 (у т.ч. 25 в наукометричних базах Scopus і WoS). У переліку посилань наведено лише основні праці, згадані у тексті, а повний перелік наукових праць розміщено на сайті кафедри відтворення лісів та лісових меліорацій НУБіП України (<https://nubip.edu.ua/node/1160>). Науковцем підготовлено два доктори і 14 кандидатів наук.

Під керівництвом професора В.Ю. Юхновського та за його участю розроблено низку інструктивних вказівок, настанов і науково-практичних рекомендацій. Серед них: «Інструктивні вимоги з лісомеліоративного впорядкування захисних лісових насаджень» (2000), «Методичні рекомендації щодо створення системи захисних лісових насаджень» (2005), «Наукове та методичне забезпечення підготовки лісогосподарських кадрів» (2005), науково-методичні рекомендації «Теоретичні і технологічні основи оптимізації системи захисних лісових насаджень» (2008), «Рекомендації щодо використання площ лісомеліоративного фонду та проведення комплексу заходів, спрямованих на підвищення еколого-меліоративної ефективності агролісомеліоративних насаджень» (2009), «Уточнені нормативи мінімальної необхідної захисної лісистості для природно-кліматичних зон України» (2011), «Настанови з лісомеліоративного впорядкування захисних лісових насаджень лінійного типу» (2012), науково-методичні рекомендації «Екологічні функції дубових полезахисних лісових смуг Полісся та Лісостепу України» (2018).

Багатогранною є і міжнародна діяльність професора В.Ю. Юхновського, який бере участь у багатьох міжнародних проектах, форумах, конференціях. Як голова ГО «Українська асоціація агролісівників», він представляє Україну у Європейській федерації агролісівників, є членом виконавчого комітету цієї організації.

За сумлінну багаторічну працю професора В.Ю. Юхновського удостоєно низки урядових нагород, серед яких: іменний годинник Голови Державного комітету лісового господарства України (2004), почесне звання «Відмінник аграрної освіти і науки» (2008), нагрудний знак «Знак Пошани» Міністерства аграрної політики та продовольства України (2010). Його також нагороджено Почесними грамотами НАУ і НУБіП України (2004, 2008), Почесною грамотою ректора НУБіП України «За особливі заслуги» (2014).

Професор В.Ю. Юхновський входить у передовий визнаний загін науковців-лісівників нашої держави. Він – сучасний доктор наук і професор, пройшов тривале стажування і підвищення кваліфікації у двох університетах США і Міжнародному інституті прикладного системного аналізу (Австрія), досконало і творчо володіє комп'ютерними технологіями, а також мовою міжнародного спілкування – англійською.

Для науковця вік 70 років – це вік інтелектуальної зрілості, коли людина вже відбулася і має ще велике майбутнє – поле і час для творчої діяльності і подальшого злету таланту. Нині професор, академік Василь Юрійович Юхновський повний сил і творчої енергії. Він передає свій багатий науково-педагогічний і життєвий досвід молодому поколінню співробітників і студентів інституту.

Як зразковий сім'янин, Василь Юрійович у тандемі з дружиною Галиною виховав двох синів, які з відзнакою закінчили Національний університет імені Тараса Шевченка, аспірантуру, успішно захистили дисертації і отримали наукові ступені. У таких же родинних традиціях він старається виховувати і своїх численних (сім!) онуків.

Від членів Лісівничої академії наук України з нагоди славного ювілею прийміть, Василю Юрійовичу, найщиріші побажання міцного здоров'я, щастя, достатку, благополуччя, родинного тепла, подальших творчих сил та енергії, успіхів у підготовці надійних фахових кадрів для лісгосподарської галузі. Нехай завжди Вас супроводжують творча наснага, оптимізм і незгасна енергія. Хай нагородою Вам буде щира пошана від усіх, хто йде поруч з Вами по життєвій дорозі.

Серед вагомого наукового доробку професора В.Ю. Юхновського та його учнів варто виділити такі наукові праці:

Біла Ю.М., Ткач Л.І., Юхновський В.Ю. (2018). Формування лісомеліоративного комплексу екологічно збалансованих агроландшафтів Байрачного Степу: монографія. Київ: Кондор-видавництво. 238 с.

Ведмідь М.М., Дебринок Ю.М., Юхновський В.Ю., Распопіна С.М., Біла Ю.М. (2019). Основні засади стратегії лісорозведення в Україні. *Наукові праці ЛАН України*. Вип. 19. С. 89-99. <https://doi.org/10.15421/411930>

Гладун Г.Б., Юхновський В.Ю. (2009). Перспективи розвитку агролісівництва в Україні. Матеріали конференції науково-педагогічних працівників, наукових співробітників і аспірантів та 63-ї студентської наукової конференції. Київ: НУБіП України. С. 130-132.

Гладун Г.Б., Юхновський В.Ю. (2010). Агролісівництво як організаційно-просторове, екологічне і економічне удосконалення землекористування в Україні. Матеріали міжнарод. наук.-практ. конф. «Освіта, наука та інновації у лісовому і садовопарковому господарстві України в контексті регіональних та глобальних викликів». Київ: НУБіП України. С. 141-142.

Головецький М.П., Урлюк Ю.С., Юхновський В.Ю. (2021). Водохоронні соснові насадження Українського межиріччя Дніпра і Десни: монографія. Київ: Кондор-видавництво. 196 с.

Горошко В.В., Біла Ю.М., Распопіна С.М., Діденко М.М., Гордіященко А.Ю. Юхновський В.Ю. (2022). Лісові насадження водозборів річок середньої течії Сіверського Дінця: монографія. Київ: Кондор-видавництво. 208 с.

Інструктивні вимоги з лісомеліоративного впорядкування захисних лісових насаджень / О.І. Пилипенко, В.М. Малюга, В.Ю. Юхновський та ін. Київ: Держкомлісгосп, 2004. 77 с.

Крилов Я.І. (2014). Особливості росту дуба звичайного (*Quercus robur* L.) у протиерозійних насадженнях яружно-балкових систем середнього Придніпров'я. *Лісівництво і агролісомеліорація*. Вип. 124. С. 22-27.

Міндер В.В., Малюга В.М., Юхновський В.Ю. (2019). Меліоративні властивості паркових насаджень в умовах складного рельєфу: монографія. Київ: Кондор-видавництво. 228 с.

Павлішина О.М. (2009). Захисні лісові насадження Південно-Західної залізниці. *Науковий вісник НЛТУ України*. Вип. 19.15. С. 98-102.

Пилипенко О.І., Юхновський В.Ю. (1998). Обґрунтування параметрів оптимальної полязахисної лісистості. *Науковий вісник НАУ*. Вип. 10. С. 326-332.

Пилипенко О.І., Юхновський В.Ю., Ведмідь М.М. (2004а). Системи захисту ґрунтів від ерозії: підручник. Київ: Златояр. 436 с.

Пилипенко О.І., Юхновський В.Ю., Дударець С.М., Соваков О.В. (2019). Системи захисту ґрунтів від ерозії: підручник. Київ: Кондор. 382 с.

Пилипенко О.І., Юхновський В.Ю., Пилипенко Ю.О., Ситник О.С. (2004б). Ефективність полязахисних лісових смуг у зниженні швидкості вітру та снігозатриманні. *Науковий вісник НАУ*. Вип. 70. С. 245-253.

Расенчук А.П., Юхновський В.Ю. (2021). Структурні особливості лісової підстилки водохоронних соснових насаджень у вологих гігротопах Житомирського Полісся. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*. 12(4). С. 17-25. <https://doi.org/10.31548/forest2021.04.002>

Романець О.М., Юхновський В.Ю. (2021). Фітомеліоративні особливості та ґрунтоекоекологічний потенціал зелених насаджень міста Києва: монографія. Київ: Кондор-видавництво. 282 с.

Фучило Я.Д., Іванюк І.Д., Макух Я.П., Юхновський В.Ю., Ременюк С.О., Кусік В.М. (2021). Перспективи використання сосни звичайної в агролісівництві на сільськогосподарських угіддях Полісся України. *Біоенергетика*, 2(18). С. 28-30.

Юхновський В.Ю., Кашпор С.Н. (1987). Ход роста полязахисных лесных полос дуба Лесостепи и северной Степи УССР / Нормативно-справочные материалы для таксации лесов Украины и Молдавии. Київ: Урожай. С. 282-287.

Юхновський В.Ю. (1998). Нормативи росту і продуктивності білоакацієвих (*Robinia pseudoacacia*) лісових смуг. *Науковий вісник НАУ*. Вип. 4. С. 184-193.

Юхновський В.Ю. (2002). Агролісомеліоративний моніторинг лісоаграрних ландшафтів. *Науковий вісник НАУ*. Вип. 50. С. 236-242.

Юхновський В.Ю. (2003). Лісоаграрні ландшафти рівнинної України: оптимізація, нормативи, екологічні аспекти: монографія / За редакцією О.І. Пилипенка. Київ: Інститут аграрної економіки. 273 с.

Юхновський В.Ю., Терещенко Л.І., Гукасова Г.О. (2003). Моделювання врожайності озимої пшениці в лісоаграрних ландшафтах. *Науковий вісник НАУ*. Вип. 63. С. 231-237.

Юхновський В.Ю., Поліщук О.П. (2007). Нормативи зріджень полязахисних лісових смуг. *Науковий вісник НАУ*. Вип. 106. С. 275-279.

Юхновський В.Ю. (2008). Стійкість лісоаграрних ландшафтів до антропогенних впливів. *Науковий вісник НАУ*. Вип. 122. С. 245-252.

Юхновський В.Ю., Малюга В.М., Штофель М.О., Дударець С.М. (2009). Шляхи вирішення проблеми поєднання лісорозведення в Україні. *Наукові праці ЛАН України*. Вип. 7. С. 62-65.

Юхновський В.Ю., Дударець С.М., Малюга В.М., Хрик В.М. (2013). Протирозійні лісові насадження яружно-балкових систем. Київ: *Кондор-видавництво*. 512 с.

Юхновський В.Ю., Шестак Я.Л. (2014). Будова кореневих систем у протирозійних насадженнях Новгород-Сіверського Полісся. *Вісник Житомирського НАЕУ*, 1 (41). Т. 3. С. 204-212.

Юхновський В.Ю., Гладун Г.Б. (2015). Законодавчо-правове забезпечення імплементації концепції агролісомеліорації в Україні. *Наукові праці ЛАНУ*. Вип. 13. С. 33-38.

Юхновський В.Ю., Малюга В.М., Дударець С.М. (2017). Сучасний стан та правовий статус поєднання лісових смуг у контексті земельної реформи. *Науковий вісник НУБіП України*. Вип. 255. С. 186-193.

Юхновський В.Ю., Зібцева О.В. (2018а). Типологія і класифікація як методи категоризації зеленого простору. *Наукові праці ЛАН України*. Вип. 17. С. 53-62. <https://doi.org/10.15421/411820>

Юхновський В.Ю., Зібцева О.В. (2018b). Порівняльний аналіз класифікацій насаджень населених пунктів України та пострадянських країн. *Наукові праці ЛАН України*. Вип. 16. С. 90-98. <https://doi.org/10.15421/411810>

Юхновський В.Ю., Лобченко Г.О., Проценко І.А. (2018с). Особливості росту соснових насаджень на рекультивованих землях. *Науковий вісник НЛТУ України*, 28(7), 70-73. <https://doi.org/10.15421/40280715>

Юхновський В.Ю., Гладун Г.Б., Соваков О.В., Лобченко Г.О. (2019). Сучасний стан, проблеми і перспективи розвитку агролісівництва в Україні / В колективній монографії: Відтворення лісів та лісова меліорація в Україні: витоки, сучасний стан, виклики сьогодення та перспективи в умовах антропогену. *РВВ НУБіП України*. С. 269-283.

Юхновський В.Ю., Зібцева О.В. (2019). Оцінка екосистемних послуг у генеральному плануванні міських територій. *Наукові праці ЛАН України*. Вип. 18. С. 185-193. <https://doi.org/10.15421/411919>

Юхновський В.Ю., Тупчий О.М. (2022). Агролісівництво – новітній етап розвитку агролісомеліорації. Всеукраїнська наук.-практ. конф. з проблем вищої освіти і науки в системі МОН «Лісівництво, деревообробка та озеленення: стан, досягнення і перспективи». Харків, 22-23 листопада 2022 р. *ДБУ*. С. 37-38.

Яковичин В.М., Юхновський В.Ю. (2010). Протирозійна стійкість ґрунту буково-ялицевих насаджень Буковини. *Науковий вісник НУБіП України*. Вип. 147. С. 171-195.

Brovko F., Brovko D., Brovko O., Yukhnovskyi V. (2021). Productivity of seedlings of Scots pine on alluvial sands of natural and man-made origin. *Naukovyi Visnyk Natsijnalnoho Hirnychoho Universytetu*. 3. 88-94. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2021-3/088>

Brovko F., Yukhnovskyi V., Brovko D., Brovko O., Minder V., Urliuk Y. (2022). Prospects of cultivation of jack pine (*Pinus banksiana* Lamb.) on sandy soils of natural-technogenic origin in Kyiv Polissia. *Folia Forestalia Polonica, Series A – Forestry*. Vol. 64(2). 90-99. <https://doi.org/10.2478/ffp-2022-0009>

Ivanenko Y., Lobchenko G., Yukhnovskyi V. (2023). Mountain recreation impact on changes in soil penetration resistance of spruce forests. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*, 14(1), 55-71. <https://doi.org/10.31548/forest/1.2023.55>

Khryk V.M., Kimeichuk I.V., Nosnikau V.V., Rabko S.V., Kozel A.U., Maliuha V.M., Yukhnovskyi V. Y. (2021). Stability of natural regeneration at ravine-gully systems. *Труди БГТУ*. 2021. 2 (246). С. 103-111. <https://elib.belstu.by/handle/123456789/42144>

Maksimtsiev S., Dudarets S., Yukhnovskyi V. (2021). Accumulation of heavy metals in soil and litter of roadside plantations in the Western Polissia of Ukraine. *Folia Forestalia Polonica, Series A – Forestry*. Vol. 63(3). 232-242. <https://doi.org/10.2478/ffp-2021-0024>

Mezzalana G., Yukhnovskyi V., Urliuk Yu., Brovko F., Rasenchuk A. (2022). Peculiarities of formation of the forest litter of the water protection pine plantations in the Ukrainian interfluvium of the Dnipro and Desna rivers. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*. 13(3). 50-60. [https://doi.org/10.31548/forest.13\(3\).2022.50-60](https://doi.org/10.31548/forest.13(3).2022.50-60)

Minder, V., Maliuha, V., Yukhnovskyi, V., Brovko, F. and Khryk, V. (2022). The structure of root systems in young woody plants under the conditions of park areas with the composite topography. *Baltic Forestry*. 28(1): 69-77. <https://doi.org/10.46490/BF610>

Yukhnovskyi V., Lobchenko H., Khodash A., Mosquera Losada M.R., Borek. R. (2017). Aboveground biomass of common oak windbreaks in the central part of Ukraine. *Scientific Bulletin of UNFU*. Vol. 27, No 8. P. 111-117. <https://doi.org/10.15421/40270818>

Yukhnovskyi, V., Pirohova, P. (2017). Features of Water Regime of the Main Soil Types in Kinburn Sand Arena. *Scientific Bulletin of UNFU*, 27(4), 11-14. <https://doi.org/10.15421/40270401>

Yukhnovskyi V., Prokopchuk, R. (2018). Hydrological regime and growth of pine stands in conditions of drainage reclamation systems. *Scientific Bulletin of UNFU*, 28(1), 9-13. <https://doi.org/10.15421/402801>

Yukhnovskyi V., Zibtseva O. (2019). Normalization of green space as a component of ecological stability of a town. *J. For. Sci*, 65(11): 428-437. <https://doi.org/10.17221/85/2019-JFS>

Yukhnovskyi V., Zibtseva O. (2020a). Environmental indicators of the balance of the territories of small towns in Kyiv region. *Forestry ideas*.

Yukhnovskyi V., Zibtseva O. (2020b). Green space trends in small towns of Kyiv region according to land viewer EOS – a case study. *J. For. Sci*, 66(6): 252-263. <https://doi.org/10.17221/142/2019-JFS>

Yukhnovskyi V., Polistchuk O., Lobchenko G., Khryk V., Levandovska S. (2021a). Aerodynamic properties of windbreaks of various designs formed by thinning in central Ukraine. *Agroforest Syst* 95(5), 855-865. <https://doi.org/10.1007/s10457-020-00503-8>

Yukhnovskyi V., Zibtseva O., Debryniuk Yu. (2021b). Evaluation of green space systems in small towns of Kyiv region. *Bulletin of Geography. Socio-economic Series*, 53(53): 7-16. <http://doi.org/10.2478/bog-2021-0019>

Yukhnovskyi V., Zibtseva O., Henyk Ya. (2022). Provision of periurban zones of small towns of Kyiv region by forests as a factor of eco-stability. *Cent. Eur. For. J.* 68 (2022). Issue 1. 43-50. <http://doi.org/10.2478/forj-2021-0021>

Yukhnovskyi V., Jagodziński A., Tupchii O. (2023). Post-war restoration of the forest component of agrolandscapes with innovative agroforestry. Proceeding of the conference "Food security and environment in the conditions of war and post-war recovery: challenges for Ukraine and World". Kyiv, May 25, 2023. P. 82-85. https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u381/materiali_dopovidey.pdf

Zibtseva O., Yukhnovskyi V. (2019). Analytical evaluation of developed norms for greening of cities. *Biological Resources and Nature Management*. V. 11. № 5-6. <http://dx.doi.org/10.31548/bio2019.05.014>

**Forest and field in the system
of agroforestry improvement studies
(to the 70th anniversary of the birthday
of academician of the Forestry Academy
of Sciences of Ukraine, professor
Vasyl Yukhnovskyi)**

H. Krynytskyy, O. Pylypenko, Iu. Debryniuk, Ya. Henyk

Vasyl Yukhnovskyi – professor of the Department of Forests Restoration and Meliorations of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Doctor of Agricultural Sciences, a well-

known scientist in the area of agroforestry, protective afforestation, forest biometry and forest management celebrates his 70th anniversary of the birthday and 45 years of scientific-pedagogical activity on January 4, 2024. For the first time, the scientist developed the scientific basis for the optimization of agro-forestry landscapes by detailing the spatial-parametric structure of their forest component, systematized and evaluated anthropogenic impacts with the justification of the need to introduce agroforestry monitoring, developed forest evaluation standards for the growth and productivity of the main forest-forming species of agroforestry plantations. The achievement of the scientist includes about 300 publications, including 11 monographs, 6 textbooks, 5 training manuals, 6 patents, 3 state standards, scientific and popular articles, theses, regulatory documents, etc. Among them, 25 scientific works were published in international publications, which are indexed in the Scopus and WoS databases. The scientist trained two doctors and 14 candidates of sciences. Today, the scientist introduces the agroforestry system into agricultural production as an important component of organic farming. He is a member of the executive committee of the European Federation of Agroforestry, in which he represents Ukraine as the Chairman of the non-government organization "Ukrainian Agroforestry Association".

Лісовий сектор економіки: дослідження галузевої політики та послуг екосистем у контексті сталого розвитку (до 60-річчя від дня народження професора І. П. Соловія)

В. В. Лавний, І. А. Дубовіч, Ю. М. Дебринюк



Ігор Павлович Соловій – відомий вчений у галузі екологічної економіки, лісової політики та економіки лісового сектору, віце-президент, академік Лісівничої академії наук України, професор кафедри екологічної економіки та бізнесу Національного лісотехнічного університету України.

Його наукові праці присвячені дослідженню проблем формування оптимальної лісистості агроландшафтів, значенню лісів та лісового господарства для добробуту місцевих громад і зайнятості, трансдисциплінарному підходу екологічної економіки до сталого ведення лісового господарства, формуванню ринків послуг лісових екосистем та інтеграції послуг екосистем у механізми прийняття рішень. Пошук вирішення цих проблем спрямований на забезпечення сталого розвитку лісового сектору економіки та формування економіки сталого розвитку – економіки майбутнього. Професор І. П. Соловій активно співпрацює з практиками, колегами із зарубіжних університетів та наукових інститутів, міжнародними організаціями, є прибічником ідей суспільного консенсусу у формуванні національної лісової політики, осучаснення і дієвості її інструментів, розвитку лісового сектору на еколого-економічних засадах, ідентифікації та оцінювання послуг екосистем як запоруки їх інтеграції в управлінські рішення та збереження для нинішнього і майбутніх поколінь. Стипендіат програм академічних обмінів ім. Фулбрайта (США), DAAD (ФРН), Королівського товариства Единбурга (Шотландія).

Професор І. П. Соловій – автор та співавтор близько 270 наукових і навчально-методичних робіт, зокрема 15 монографій, низки посібників та підручників, керівник та виконавець міжнародних проєктів і держбюджетних тем, учасник конференцій, семінарів, круглих столів, форумів, симпозіумів, які проходять на різних континентах. Консультант низки міжнародних організацій. Розроблені за його участі рекомендації застосовуються Міністерством захисту довкілля та природних ресурсів, а інструктивні матеріали – як нормативи під час сертифікації лісгосподарських і деревообробних підприємств. Наукову роботу вчений успішно поєднує з активною природоохоронною діяльністю.

Життєві віхи. Соловій Ігор Павлович отримав вищу освіту у Львівському лісотехнічному інституті (ЛЛТІ, тепер – Національний лісотехнічний університет України, НЛТУ України, м. Львів), де завершив навчання у 1986 р. за спеціальністю «Лісове господарство», здобувши кваліфікацію «Інженер лісового господарства». У роки навчання брав ак-

тивну участь у студентській науковій роботі. Професійну діяльність розпочав на посаді помічника лісничого Рафалівського лісництва Рафалівського ЛГЗ Рівненської області. У 1987 р. повернувся до ЛЛТІ, де працював спочатку на посаді молодшого наукового, а пізніше – старшого наукового співробітника лабораторії проблем природокористуван-

ня, яку створив в університеті відомий вчений професор С. А. Генсірук. Кандидатську дисертацію на тему «Формування оптимальної лісистості шляхом створення лісових культур в агроландшафтах Західного Лісостепу України» захистив у 1991 р. (науковий керівник – професор, доктор с.-г. наук С. А. Генсірук). Після захисту дисертації працював асистентом кафедри лісівництва, а впродовж 1995-2001 рр. – завідувачем навчально-методичного відділу університету та доцентом кафедри лісівництва за сумісництвом. У 2001 р. перейшов на кафедру економіки та менеджменту лісових підприємств, а у 2004 р. – на створену тоді кафедру екологічної економіки. Закінчив докторантуру за спеціальністю 08.00.06 – економіка природокористування та охорони навколишнього середовища і в 2013 р. захистив докторську дисертацію на тему «Теоретико-методологічні засади формування політики сталого розвитку лісового сектору економіки» (науковий консультант – професор, доктор економічних наук І. М. Синякевич). У 2019 р. йому присвоєно вчення звання професора за кафедрою екологічної економіки. У 2022-2023 рр. працював на посаді заступника директора Інституту екологічної економіки і менеджменту НЛТУ України.

Дослідження політики сталого розвитку лісового сектору економіки. Вченим розроблено якісно нову методологію формування політики сталого розвитку лісового сектору економіки та визначення ефективного механізму вибору і застосування інструментів цієї політики задля вирішення прикладних завдань реформування та екологізації галузі з урахуванням необхідності гармонізації суспільних і приватних інтересів в умовах загострення кризових явищ і природо-ресурсних обмежень функціонування ринкової економіки та зростання вагомості лісових екосистем і лісового сектору.

Зокрема, ним вперше обґрунтовано необхідність формування в сучасних умовах лісової політики як науки і практики, що базується на новій суспільній парадигмі. Відповідно до цього запропоновано актуалізовану концепцію лісової політики, яка передбачає екологізацію економічної діяльності та гармонізацію суспільного розвитку, що є авторським внеском у розвиток теорії і практики розвитку лісового сектору економіки, теоретико-методологічні засади оцінювання економічних інструментів лісової політики; у теоретичному плані механізм вибору інструментів, їх поєднання та формування системи інструментів як засобу державного регулювання господарської діяльності лісовласників у суспільно бажаному напрямі. З позицій теорії державного втручання в систему ринкової економіки оцінено прихильність фахівців галузі до спрямованості лісової політики на альтернативні підходи, сформульовано політико-твірні принципи сталого розвитку лісового сектору економіки в умовах формування «зеленої» економіки. Ученим запропоновано нові напрями лісової політики: політика щодо заліснення низькопродуктивних земель та плантаційного лісовирощування; політика у сфері менеджмен-

ту конфліктів лісокористування; політика сталого розвитку гірських територій; урболісова політика; підхід каузативного бенчмаркінгу до оцінювання діяльності з відповідними критеріями, виходячи з того, що діяльність державних лісгосподарських підприємств у сфері використання, охорони і відтворення лісів потрібно оцінювати з погляду суспільного добробуту.

Освіта для сталого розвитку. Професор І. П. Соловій на високому рівні читає лекційні курси для здобувачів освітньо-професійних рівнів «Бакалавр» та «Магістр» Інституту екологічної економіки і менеджменту (IEEM), зокрема із дисципліни «Sustainable Development», яка завершується отриманням студентами диплому Програми Балтійського Університету (університет м. Упсала, Швеція).

За роки викладання вченим запроваджено чимало нових дисциплін, насамперед у рамках магістерської програми «Економіка довкілля і природних ресурсів», започаткованої у рамках спільного європейського проекту «ENARECO» програми Tempus-TACIS. Серед них, «Проблеми, механізми і конфлікти землекористування» та «Планування сталого землекористування» (об'єднані згодом у дисципліну «Економіка землекористування»), «Прикладний екологічний маркетинг», «Методика і практика викладання еколого-економічних дисциплін». Розроблено авторський курс «Академічне письмо» (англійською мовою) для набуття студентами мовних навичок, необхідних для інтегрування у міжнародний науковий простір. З цією ж метою організовано у рамках українсько-шведського проекту виїзний науковий семінар для магістрантів і аспірантів із методології написання наукових робіт відповідно до вимог міжнародних видань.

Для магістерської програми Центру досліджень з культурології та соціології Львівського національного університету імені Івана Франка за підтримки Інституту відкритого суспільства І. П. Соловій розробив новий навчальний курс – соціологія довкілля (*Environmental Sociology*), який викладав у середині 2000-х років. Читав лекції упродовж п'яти років на магістерській програмі «Euroforester» у Шведському аграрному університеті (Алнарп) в рамках дисципліни «Ліс і суспільство: взаємодії, процеси, політика». Слухачами цієї програми були студенти з різних країн світу, зокрема й випускники бакалаврату НЛТУ України та Національного університету біоресурсів і природокористування (м. Київ).

Для здобувачів освітнього рівня «Магістр» трьох Інститутів університету (ННІ екологічної економіки і менеджменту, ННІ лісового і садово-паркового господарства, ННІ деревообробних технологій і дизайну) викладає дисципліну «Стала біоенергетика», запроваджену у рамках швейцарсько-українського проекту «*Identifying green energy options for the Ukrainian Carpathians from a biophysical and socioeconomic perspective*» (2017-2021 рр.), спрямованого на обґрунтування перспектив для розвитку відновної енергетики в Українських Карпатах. Низку дисциплін викладає для здобувачів третього

освітньо-наукового рівня: для аспірантів спеціальності «Економіка» (дисципліни «Економіка довкілля» і «Маркетинг сталого бізнесу»), для аспірантів усіх спеціальностей університету – дисципліну «Управління науковими проектами».

Слухачами та учасниками курсу «*Green Project Development and Management*», який читає професор І.П. Соловій з 2021 р. англійською мовою, є молоді науково-педагогічні працівники, а також аспіранти й студенти магістратури університетів-партнерів – Університету сталого розвитку Еберсвальде та Національного лісотехнічного університету України. Дисципліна інтегрує кращий досвід викладання проєктного менеджменту, але її вирізняє зорієнтованість на наукові проєкти на засадах сталого розвитку. Концептуалізація та впровадження міжвузівської навчальної дисципліни «GDPM» стала ключовим елементом досягнення мети міжнародного проєкту НЛТУ України та HNEE *Joint Digital Future (JDF)* (*Спільне цифрове майбутнє*) – українсько-німецького партнерства з цифровим навчанням та викладанням, що фінансується Німецькою службою академічних обмінів (DAAD).

Під керівництвом професора І.П. Соловія захищено дві кандидатські дисертації (Мандрик В.О., 2008, Мельникович М.П., 2019). На цей час учений здійснює наукове керівництво дисертаційними дослідженнями п'яти здобувачів наукового ступеня «Доктор філософії» на ОНП «Економіка довкілля і природних ресурсів». Тематика досліджень аспірантів стосується оцінювання ефективності реформування лісового сектора економіки, формування інноваційних бізнес-моделей для галузі з інтеграцією послуг екосистем у прийняття виробничих рішень і планування об'єктів ПЗФ, впровадження підходів Індустрії 4.0 відповідно до цілей сталого розвитку, інструментів з кліматичного, зеленого та сталого фінансування.

Міжнародна співпраця у галузі екологічної економіки, лісової політики та розвитку ринків послуг екосистем. Наукові пошуки професора І.П. Соловія пов'язані з виконанням багатьох міжнародних проєктів. У 2001 р. у рамках Німецької програми академічних обмінів DAAD на базі Інституту лісової економіки та лісовпорядкування Дрезденського університету (ФРН) виконав проєкт «Сучасна лісова політика та концепція сталого розвитку: шанси для покращення стану лісового сектора України». За цією ж програмою у 2007 р. на базі Інституту природоохоронної та лісової політики університету Гьоттінгена (ФРН) виконав проєкт «Передумови для розвитку процесу управління у рамках лісової політики в Україні».

У 2006-2008 рр. – учасник проєкту «Інтегрування екологічної економіки та менеджменту сталого лісового господарства в перехідній економіці України», виконаному Інститутом екологічної економіки НЛТУ України та Інститутом екологічної економіки Університету Вермонта (США). У 2006-2009 рр. координував від української сторони проєкти «Ліси і суспільство – вимірювання та комунікація на рів-

ні сталості ландшафту» та «Ландшафти і суспільство – оцінювання рівнів сталості для адаптивного управління», який виконував спільно з Шведським аграрним університетом.

Свідченням визнання наукових здобутків ученого є те, що він став випускником однієї із найпрестижніших у світі програм академічного обміну – Програми Фулбрайта (2004-2005, 2014-2015), двічі отримував наукову стипендію Німецької служби академічних обмінів DAAD (2001, 2007), Королівського товариства Единбурга (2008). Професор І.П. Соловій є учасником мережі викладачів Програми Балтійського Університету, мережі дослідників сталого розвитку ландшафтів Euroscapes, Світової мережі дослідників гірських територій Mountain Research Initiative.

Окрім досліджень на базі перелічених університетів, спільно з якими виконано згадані проєкти, вчений у складі групи експертів з Центральної і Східної Європи пройшов стажування з проблем охорони земель за програмою Атлантичного Екологічного Центру (США, Канада); в рамках проєкту ENARECO в університетах м. Гент (Бельгія) та м. Фрайбург (ФРН); за проєктом Шведського Інституту з питань розвитку біоенергетики у Міжнародному інституті індустріальної екологічної економіки в університеті м. Лунд (Швеція); за програмою *Fulbright Scholar Program* в університеті Північної Кароліни, США (2004-2005 рр.) та в Університеті Вермонта, США (2014-15 рр.), в Університеті сталого розвитку Еберсвальде, Німеччина (2019, 2022, 2023 рр.), за навчальною програмою *Green Energy Week* в Швейцарському федеральному інституті WSL (2018) і тренінг з питань європейського законодавства щодо легальності торгівлі лісопродукцією (Лондон, 2018).

У 2011-2012 рр. координував дослідження економічного та соціального впливу неефективних і несталіх практик лісового господарства та незаконних лісозаготівель у рамках Програми ENPI-FLEG «Удосконалення систем правозастосування й управління в лісовому секторі у країнах-учасницях Європейської політики добросусідства», яка реалізується МСОП та WWF за підтримки Європейської Комісії і Світового Банку. Упродовж останніх років досліджував проблеми впливу інституційного середовища на забезпечення норм екологічної політики в основних міжнародних документах, працюючи над бюджетною науково-дослідною темою «Методологічні підходи до визначення змісту Екологічної Конституції Землі», в рамках наукового проєкту програми FP7 Європейської Комісії «IN2WOOD – Forest Cluster Development and Implementation». Зокрема впродовж 2010-2012 рр. досліджував логістичні аспекти формування лісових кластерів у рамках проєкту COST Action FP0703 «ECHOES» (*Expected Climate cHange and Options for European Silviculture*) та обґрунтував засади політики забезпечення виробництва продукції і послуг лісів в умовах зміни клімату. За результатами участі вченого як члена робочої групи з питань науки на семінарі

«Ліси і економічний розвиток: позиціонування внеску лісів у «зелену економіку» (2013 р., м. Піо-де-Жанейро, Бразилія) у рамках Ініціативи основних груп підготовлено рекомендації щодо внеску наукових інституцій у діяльність Форуму ООН з лісів.

Керівник науково-дослідних тем із держбюджетним фінансуванням: ДБ Н.08.32-04.17 «Формування економічного механізму – забезпечення суспільства послугами екосистем як підґрунтя трансформації галузевої політики і менеджменту у лісовому господарстві» (2017-2019 рр.); НДДКР «Розроблення науково-методичних засад щодо оцінки екосистемних послуг з урахуванням необхідності виконання рішень міжнародних природоохоронних договорів (ДК 021:2015 – 73300000-5 за договором з Міністерством енергетики та захисту довкілля України, 2019 р.). У рамках останньої теми очолив оргкомітет науково-практичного семінару «Розроблення науково-методичних засад оцінювання екосистемних послуг в Україні», де організаторами були НЛТУ України і Державний природознавчий музей НАН України (м. Львів, 28-29.11.2019 р.). Семінар став найбільшою науковою подією з проблематики послуг екосистем в Україні: кількість учасників – 87 осіб за участю зарубіжних учених із Болгарії, Італії, Угорщини, Польщі, Румунії, Швеції, Шотландії.

Упродовж останніх років учений є координатором та учасником низки міжнародних проєктів: «*Identifying Green Energy Options for the Ukrainian Carpathians from a biophysical and socioeconomic perspective*», з Інститутом снігу, лісу та ландшафту та Бернським університетом (з фінансуванням від Swiss Secretariat for Research, Education and Innovation) – 2017-2022 рр.; «*Joint Digital Future. A Ukrainian-German Partnership for Digital Supported Learning and Teaching*» у співпраці з університетом Еберсвальде, 2021-2022 рр.; «*Wood-based Employment – WoodForWork* (спільно з Institute of International Forestry and Forest Economics, Німеччина), 2019-2023 рр.; Erasmus + KA2 «Відкриваючи для себе мислення на засадах сталості – нові виміри освіти для сталого розвитку з акцентом на міжкультурні цінності та етику» (скорочено – *SysMind*) – 2022-2024 роки. У цей час працює у складі групи виконавців європейського наукового проєкту «*CircHive*» «Розробка та пілотування слідів біорізноманіття та обліку природного капіталу через «вулик» галузевих центрів для сталого переходу до циркулярної біоекономіки ЄС» (2022-2027 рр.) у рамках міжнародної програми «Горизонт Європа». Проєкт спрямований на напрацювання нових підходів до прийняття рішень з урахуванням природного капіталу та збереження біорізноманіття.

Результати досліджень професора І.П. Соловія знайшли відображення у численних наукових статтях і виступах на міжнародних і всеукраїнських наукових конференціях, у монографіях, навчальних посібниках і навчально-методичних розробках. Автор та співавтор понад 270 наукових і навчально-методичних робіт. Серед них монографії: «*Forests*

in Transition II. Challenges in Strengthening of Capacities for Forest Policy Development in Countries with Economies in Transition» (2004), «*Nature conservation management: from idea to practical results*» (2007), «*Лісова політика: теорія і практика*» (2008), «*Ecological economics and sustainable forest management: developing a transdisciplinary approach for the Carpathian Mountains*» (2009), «*Україна і світ: прагнення змін*» (2010), «*Політика сталого розвитку лісового сектора економіки: парадигма та інструменти*» (2010), «*Сталий розвиток та екологічна безпека: теорія, методологія, практика*» (2011), «*Екологічна Конституція Землі. Методологічні засади*» (2011), «*Проблеми доступу місцевого населення до лісових ресурсів та незаконні рубки в лісах Карпат і Західного Полісся*» (2011), «*Traditional Forest-Related Knowledge. Sustaining Communities, Ecosystems and Biocultural Diversity*» (2012), «*Integrating Nature and Society Toward Sustainability*» (2013), «*Ліси Українських Карпат як ресурс і спільне благо*» (2023).

З навчально-методичних публікацій відзначимо підручники та посібники у співавторстві «*Регіональне природокористування*» (1992), «*Землекористування: еколого-економічні проблеми, конфлікти, планування*» (2004), «*Лісова політика*» (2013), «*Управління професійним навчальним закладом на засадах сталого розвитку*» (2014).

Наукові статті опубліковано у багатьох збірниках наукових праць, також у журналах «*Економіка України*», «*Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA (PNAS)*», «*Ambio. A Journal of the Human Environment*», «*European Forest Institute Proceedings*», «*Forest Policy and Economics*», «*Forest Ecology and Management*», «*Science of the Total Environment*», «*Forests*», «*Annals of Forest Research*», «*Bulletin of the Transilvania University of Brasov*», «*Interdisciplinary Environmental Review*», «*Mountain Research Initiative Newsletter*», «*Sylvanet*», «*Scientific Papers of Agricultural University of Poznan. Forestry*», «*Lesnícky časopis – Forestry Journal*» та ін.

Професор І.П. Соловій – головний редактор журналу «*Наукові праці Лісівничої академії наук України*», член редколегії журналу «*Науковий вісник НЛТУ України*» та редакційної ради наукового електронного журналу «*Проблеми економіки та політичної економії*». Рецензент статей у міжнародних наукових журналах «*BioEnergy Environmental Policy and Governance*», «*Research*», «*Land use policy*», «*Land*», «*Sustainability*», «*Small Scale Forestry*», «*Forestry: An International Journal of Forest Research*», «*International forestry review*», що індексовані в бібліографічних базах, і наукового видання «*Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal*», включеного до переліку фахових видань України.

Експерт Науково-методичної ради МОН за напрямом «*Економіка*» (2015-2021 рр.), експерт з оцінки проєктів наукових досліджень і розробок, що подаються Національному фонду досліджень України (2021-2022 рр.), голова секції за тематичним напрямом «*Нові технології охорони навколишнього*

природного середовища, раціональне природокористування, біоекономіка», спеціалізованої НТР МОН з відбору наукових робіт, науково-технічних та інфраструктурних проєктів, які фінансуються за рахунок зовнішнього інструменту допомоги ЄС для виконання зобов'язань України у Рамковій програмі ЄС «Горизонт 2020» (2022 р.).

На шляху від науки до практики. Отримані наукові результати знаходять застосування на практиці. У складі робочої групи з розроблення стандартів лісової сертифікації FSC учений постійно залучався до розроблення та оновлення термінології і стандартів ведення лісового господарства та ланцюжка постачання продукції. У складі групи експертів брав участь у розробленні процедур оцінювання контрольованої деревини, методика якої затверджена Міжнародним центром FSC. Розроблені професором І. П. Солов'єм документи застосовують як нормативні під час сертифікації лісогосподарських і деревообробних підприємств України.

Професор І. П. Соловій, як консультант європейської організації «NEPCo» в Україні, спільно з Європейською федерацією торгівлі деревиною та сертифікаційною компанією NEPCo організував семінар для українських деревообробних підприємств, спрямований на адаптацію їхньої діяльності до нових експортних вимог у світлі Постанови ЄС EUTR стосовно запевнення законності походження лісопродукції.

У співпраці з FSC Україна за участі ученого проведено круглий стіл на тему «Монетизація послуг екосистем в Україні: утопія чи недооцінені можливості досягнення цілей сталого розвитку» (Укрінформ, Київ, 23.11.2021 р.) для представників органів законодавчої і виконавчої влади, місцевого самоврядування, бізнесу, освітніх та наукових закладів, неурядових організацій, програм і проєктів технічної допомоги.

У рамках міжнародного проєкту «*Wood For Work*», який спрямований на створення бази достовірних даних на тему динаміки зайнятості у сфері, пов'язаній з лісовим сектором економіки, організовано практичний семінар «Шляхи покращення ситуації із зайнятістю у деревообробному секторі України» (2023). Україна – одна з чотирьох країн (ще Кенія, Еквадор та В'єтнам), які обрані на роль країн-об'єктів дослідження. З метою аналізу та узагальнення досліджень і статистичних даних, а також для обговорення актуальних проблем у лісовому секторі, у семінарі під головуванням та модераторством доктора Бернда Віппеля (Unique Land Use), професора Ігоря Соловія, доктора Йорга Швайнле (Thünen Institute) взяли участь компанії, які були респондентами в опитуванні, а також зацікавлені установи та організації лісового сектору. Учасники не лише обмінялися думками та ідеями, але й узагальнили пропозиції та визначили пріоритети сприяння зайнятості у лісовому секторі економіки.

Публікації на практично значущу тематику, інтерв'ю та коментарі І. П. Соловія систематично публікують галузеві видання «Деревообробник»,

«Лісовий та мисливський журнал», «Лісовий вісник», «Меблевик» та ін.

Професор І. П. Соловій регулярно залучається органами влади для експертної допомоги. Прикладом є нещодавня співпраця із експертами Команди підтримки реформ у рамках оперативної науково-технічної допомоги Міндовкілья для розроблення інструментарію оцінювання шкоди довкіллю від збройної агресії проти України (підбір і формування методів і методик технічного та економічного аналізу втрат для лісових і водно-болотних екосистем з урахуванням ПЕ). На запит комісії з питань екології, природних ресурсів та рекреації Львівської обласної ради розроблено пропозиції у сфері охорони довкілля до проєкту «Стратегії адаптації базових галузей Львівщини до умов воєнного стану та на післявоєнний період» (травень 2022 р.).



Третій круглий стіл із серії «Лісові діалоги» на тему: «Монетизація послуг екосистем в Україні:

утопія чи недооцінені можливості досягнення цілей сталого розвитку», 23.11.2021 р. Організатор:

Лісова опікунська рада (Forest Stewardship Council).

Учасники: Павло Кравець – директор FSC Україна;

Ігор Соловій – професор кафедри екологічної економіки та бізнесу Національного лісотехнічного університету України; Олег Панюта – журналіст, автор та ведучий аналітичної програми «Сьогодні» на телеканалі

«Україна», модератор

У рамках співпраці з міжнародними організаціями виступав консультантом Світового Банку, IUCN, WWF, USAID та Preferred by Nature. Віцепрезидент європейського лісівничого академічного Товариства, експерт Ради Товариства європейських лісівників.

Результати досліджень професора І. П. Соловія представлені та обговорювались на багатьох міжнародних конференціях, зокрема: симпозіумі «Нові ліси для Європи: заліснення на межі століття» (Фрайбург, Німеччина, 2001), форумах «Українські ліси на роздоріжжі: виклики для лісової політики, менеджменту сталого лісового господарства та лісової сертифікації в умовах перехідної економіки» в Єльському університеті (Нью-Гевен, США, 2005); «Діалог з питань сталого лісового господарства й екологічних проблем в умовах перехідної економіки в Україні» в Центрі планетарного інституту з глоба-

лізації і сталого розвитку Колумбійського університету (Нью-Йорк, США, 2005); науковій конференції з проблем лісового господарства математично-фізично-технічної секції Наукового товариства ім. Шевченка (Нью-Йорк, 2005); 13-ій конференції Міжнародної асоціації досліджень бореальних лісів (IBFRA) «Нові виклики для менеджменту бореальних лісів» (Умеа, Швеція, 2006); 13-ій Міжнародній конференції з проблем довкілля Міждисциплінарної Екологічної асоціації (Портленд, США, 2007); міжнародній конференції «Інноваційні еко-технології і сталий розвиток у Центральній і Східній Європі», (Ціттау, Німеччина, 2008); науково-практичній конференції «Забезпечення сталого постачання послуг екосистем в Альпах і Карпатах» (Братислава, Словаччина, 2009); 15-ому Міжнародному симпозиумі з питань суспільства і менеджменту ресурсів (Відень, Австрія, 2009); семінарі ім. Kerner von Marilaun «Ландшафтно-базовані послуги екосистем» (Лінц, Австрія, 2009); семінарі «Творення низьковуглецевої економіки поза Копенгагеном: дослідницький план дій у сфері глобального законодавства і політики» саміту ООН зі змін клімату COP-15 (Копенгаген, Данія, 2009); Конференції ООН з питань сталого розвитку

«Rio+20» (Ріо-де-Жанейро, Бразилія, 2012); міжнародному форумі ЄЕК ООН і ФАО «Ліси в зеленій економіці. Завдання та заходи для країн Східної Європи і Північної та Центральної Азії» (Львів, 2012); серії Карпатських форумів (Краків, Польща – 2010, Стара Лесьна, Словаччина – 2012, Львів-2014, Егер, Угорщина – 2018, Брно, Чехія – 2021); міжнародному воркшопі «The Woodlands and Forests as Frontiers of Dialogue Between Law And Life Sciences» (Лечче, Італія, 2014); The International Maple Symposium (Квебек, Канада); міжнародній конференції зі здоров'я і довкілля «24th International Conference on Health and Environment: Global Partners for Global Solutions»; «4-26-86: Chornobyl. What has changed, WIT» (штаб-квартира ООН, Нью-Йорк, 2015); 125-му конгресі IUFRO (Фрайбург, Німеччина, 2017); Міжнародній науково-практичній конференції «Необхідність адаптації лісової політики до нинішніх і майбутніх викликів» (м. Бйіле Фелікс, Румунія); другому Кавказькому гірському форумі (Анкара, Туреччина, 2019); конференції IUFRO «Deal for Green? Contribution of managerial economics, accounting, and cross-sectoral policy analysis to climate neutrality and forest management» (м. Любляна, Словенія, 2023).



Прес-конференція під час зустрічі Ради європейських лісівників (м. Бйіле-Фелікс, Румунія, 2019 р.)

Наукову роботу вчений поєднує з активною природоохоронною діяльністю. Наприкінці 1980-х – на початку 90-х років доклав чимало зусиль до створення Української екологічної асоціації «Зелений світ», організації багатьох нових видань і підготовки науково-популярних публікацій на екологічну тематику. Згодом долучився до Лісівничої секції НТШ, діяльності Товариства української мови ім. Тараса Шевченка, Педагогічного Товариства ім. Г. Ващенко, Ради Товариства «Зелений Хрест», Асоціації випускників Програми Фулбрайта і низки інших екологічних та освітніх організацій.

Відзначений подяками і почесними грамотами НЛТУ України (2014, 2016, 2024), подяками та почесними грамотами МОН України (2014, 2023), міського голови м. Львова (2018) за розвиток міжнародної наукової і культурної співпраці та творення інтелектуального обличчя м. Львова, Ради євро-

пейських лісівників (2016, 2021, 2023), Європейського Лісового академічного товариства (2018), Програми Фулбрайта в Україні (2018) за внесок у розвиток міжнародної співпраці у науковій, освітній та культурній сферах.

Від спільноти Лісівничої академії наук України з нагоди ювілею прийміть, шановний Ігорю Павловичу, найщиріші побажання міцного здоров'я, щастя, достатку, благополуччя, родинного тепла, подальших творчих успіхів, нових наукових звершень, успіхів у підготовці висококваліфікованих кадрів для лісового сектора та поза його межами у сфері економіки, бізнесу та охорони довкілля. Нехай завжди Вас супроводжують віра в щасливе європейське майбутнє України, творчий порив, оптимізм і незгасна енергія. Хай дарують Вам люди теплоту своїх сердець. Удачі Вам на подальшій життєвій стежині!

The forest sector of the economy: a study of sectoral policies and ecosystem services in the context of sustainable development (on the occasion of 60th anniversary of the Professor Ihor Soloviy birthday)

V. Lavnyy, I. Dubovich, Iu. Debryniuk

Ihor Pavlovych Soloviy is a well-known scientist in the field of ecological economics, forest policy and economics of the forest sector, vice-president, a full member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Professor at the Department of Ecological Economics and Business of the Ukrainian National Forestry University.

His scientific works deal with researching the problems of creating optimal forest cover of agricultural landscapes, the importance of forests and forestry for the well-being of local communities and employment, the transdisciplinary approach of ecological economics to sustainable forest management, the formation of forest ecosystem services markets, and the integration of ecosystem services into decision-making mechanisms. The search for solutions to these problems is aimed at ensuring the sustainable development of the forest sector of the economy and the formation of a sustainable

economy – the economy of the future. Professor Soloviy actively cooperates with practitioners, scientists from foreign universities and research institutes, international organizations, promotes ideas of public consensus in the formation of national forest policy, modernization and effectiveness of its instruments, development of the forest sector on ecological economics grounds, identification and evaluation of ecosystem services as a prerequisite for their integration into management decisions and preservation for current and future generations. Scholarship holder of academic exchange programs including Fulbright Scholar Program (USA), DAAD (Germany), Royal Society of Edinburgh. Ihor Soloviy is the author and co-author of about 270 scientific and educational works, including 15 books and book chapters, a number of manuals and textbooks, the coordinator and lead scientist of international projects and projects, participant of numerous conferences, seminars, round tables, forums, and symposia held on different continents. He is a consultant of a number of international organizations. The recommendations developed with his participation are applied by the Ministry of Environment and Natural Resources as standards for the certification of forestry and wood-working enterprises. Professor I. Soloviy successfully combines scientific work with activities aimed at nature conservation and environmental protection.

8. СТОРІНКИ ПАМ'ЯТІ

УДК 630 (092)

Екологічні основи збалансованого розвитку лісового і мисливського господарства, збереження природоохоронних комплексів (спомин до 85-річчя від дня народження видатного українського лісівника, вченого, освітянина, відомого українського поета В. Д. Бондаренка)

Г. Т. Криницький, Е. М. Різун, П. Б. Хоєцький, І. І. Делеган



У нашому житті, у наших життєвих діяннях важливо пам'ятати тих, хто ще донедавна трудився разом з нами, збагачував життєвий простір, плінну історію життєвого буття вагомими здобутками в українській науці, освіті, літературі, культурі виховання молоді.

До таких людей, творчих трудівників належав і **Володимир Данилович Бондаренко** – професор кафедри лісівництва, кандидат сільськогосподарських наук, академік Лісівничої академії наук України, видатний лісівник, визначний науковець, висококласний педагог, талановитий український поет. За роки науково-педагогічної діяльності опублікував понад 400 наукових, науково-популярних та навчально-методичних праць. Автор і співавтор 10 навчальних посібників з грифом МОН України для студентів спеціальності 205 «Лісове господарство» та спеціалізації «Мисливське господарство». Основними напрямками наукових досліджень Володимира Бондаренка були: лісознавство, лісомисливське господарство, історія лісівництва, національні традиції лісокористування, екологічна освіта, природоохоронні проблеми. Ним досліджувались проблеми раціонального природокористування, питання лісівничо-фізіологічних особливостей росту культур дуба, стратегії і тактики природоохоронної діяльності лісових заповідників, інтенсифікації лісомисливського господарства, творчого вкладу українських науковців у розвиток лісознавства і практичного лісівництва, лісівничої термінології. Розроблено і впроваджено рекомендації з важливих лісівничих і природоохоронних напрямів – вирощування культур дуба в умовах Молдови; охорони фауни в агроландшафтах; обліку мисливських тварин; відтворення корінних природних комплексів на заповідних територіях Західного Поділля. У 1996-2000 рр. працював позаштатним консультантом комітету Верховної Ради з питань екологічної політики, природокористування і ліквідації наслідків Чорнобильської катастрофи. За багаторічну плідну діяльність удостоєний багатьох нагород, серед яких Почесні грамоти Львівської обласної державної адміністрації, Національного лісотехнічного університету України, нагрудні знаки «Відмінник лісового господарства України» та «Почесний лісівник України».

«У кожного своя доля і свій шлях широкий...» писав наш славний Тарас Шевченко. Своя доля, свій життєвий шлях і в Бондаренка Володимира Даниловича, професора кафедри лісівництва, кандидата сільськогосподарських наук, академіка Лісівничої академії наук України, справжнього, як за покликанням серця, так і розуму лісівника, який без лукавства, без вагань, а з повною відповідальністю і повним правом справжнього метра лісу стверджував:

Мій ліс – мій храм	Завжди і затишно, і люблю
Щодня молюся в ньому...	Я тут як білка на сосні
Я в лісі – вдома. Тут мені	Як гілка ясена чи дуба.

Це одна із сторін діяльності Володимира Бондаренка – члена Національної Спілки письменників України, відомого поета, автора близько п'ятнадцяти поетичних збірок, серед яких «Ранкові роси», «Узлісся», «У твоєму імені», «Троє дверей», «Лісівники ми, друже мій», «До речі», «Дуби і діброви», «Абетка з лісу», «Короткі пісні», «Тепло дерев», «Пародії та жарти», «Лірика» та інші. В літературних творах Володимира Даниловича домінують мотиви, пов'язані з лісом, з духовним світом лісівника, його повсякденними турботами. Про його поетичні збірки добрим словом відгукувались Р. Братунь, В. Лучук, М. Ільницький, М. Петренко, В. Колодій, Р. Кудлик, В. Брюген.

По життєвій дорозі Володимира Бондаренка несли два крила: одне із них зрощене лісом, наукою, лісівничими зацікавленнями, друге – літературою, поезією. Про це дуже добре сказав сам Володимир Данилович у вірші «Дві дороги»:

З дитинства, здалеку, землею
Багатолудною своєю
Двома дорогами іду...
На двох дорогах – все, що маю;
Все, що здобуду; все, що втрачу...
Дороги третьої не бачу.

Так хто ж В.Д. Бондаренко – «поет поміж лісівників, чи лісівник серед поетів»? Сам Володимир Данилович на це питання не відповів. «Нехай лишається воно без відповіді» – говорив він. Але відповідь тут очевидна: Володимир Бондаренко і справжній лісівник, і відомий талановитий поет. Це дві тісно переплетені, взаємопроникні, немислені одна без одної частини життя Володимира Даниловича. Саме вони у нерозривній єдності визначали гармонію його життя, були сенсом його буття, давали йому право за результатами зробленого сказати: «В краю батьків, я не останній з козаків».

Але, дійсно, про край батьківський, про витоки його життєвої ниви. Народжений 1939 року, 26 березня в с. Карнаухівські Хутори Криничанського району Дніпропетровської області (за теперішнім адміністративним поділом с. Миколаївка-2). З Дніпропетровщини походив батько – Данило Михайлович. Мати – Марія Сергіївна родом із Слобожанщини. В повоєнні роки ріс, здебільшого, у діда з бабою – Сергія Васильовича та Варвари Михайлівни Рубцових в с. Мартова, що на Харківщині. Там межа Лісостепу і Степу, річка Сіверський Дінець.

Босоноге, а часто і надголодь, як на ті часи, дитинство, три класи Мартівської школи. Далі – школа № 1 в м. Чугуєві, далі – Чугуєво-Бабчанський лісний технікум. Після закінчення Чугуєво-Бабчанського лісного технікуму впродовж 1959-1964 рр. працював за скеруванням у Чортківському лісгоспі Тернопільського обласного управління лісового господарства на посадах об'їзника, техника-лісівника, помічника лісничого. Паралельно навчався на заочному відділенні Львівського лісотехнічного інституту (тепер – Національний лісотехнічний університет України). У 1964-1965 рр. перейшов на стаціонарне навчання в цьому ж інституті; спеціальність за дипломом про вищу освіту – «Лісове господарство», кваліфікація – «Інженер лісового господарства». У 1966-1972 рр. робота за скеруванням у Кишинівському (Молдова) сільськогосподарському інституті на посадах інженера, старшого інженера, наукового співробітника науково-дослідної лабораторії лісівництва, асистента кафедри ботаніки.

З 1973 р. до останніх днів життя працював в НЛТУ України на посадах інженера НДС, старшого викладача, доцента кафедри лісівництва. У 1976 р. – заступник декана, у 1977-1978 рр. – декан заочного факультету. Кандидатську дисертацію захистив у 1974 р. та отримав науковий ступінь кандидата сільськогосподарських наук за спеціальністю 06.03.01 «Лісові культури, селекція, насінництво та озеленення міст». З 1994 р. – професор кафедри лісівництва, керівник циклу мисливствознавства. Викладацьку роботу проводив за напрямом «Лісове і садово-паркове господарство» за спеціальністю 205 «Лісове господарство» та спеціалізацією «Мисливське господарство». Викладав навчальні дисципліни: біологію лісових птахів і звірів, мисливствознавство, лісомисливське господарство, біотехнію, історію лісівництва та ін.

Науково-педагогічний стаж В.Д. Бондаренка становить понад 35 років, а загальний науково-педагогічний і виробничий стаж – понад 50 років. Під керівництвом професора В.Д. Бондаренка успішно захищено сім кандидатських дисертацій. За роки своєї наукової та педагогічної діяльності опублікував понад 400 наукових, науково-популярних та навчально-методичних праць. Автор і співавтор 10 навчальних посібників з грифом МОН України для студентів спеціальності «Лісове господарство», «Мисливське господарство», співавтор навчального посібника для учнів шкільних лісництв.

Основні напрями наукових досліджень: лісознавство, лісомисливське господарство, історія лісівництва, національні традиції лісокористування, екологічна освіта, природоохоронні проблеми. Вченим досліджувались проблеми раціонального природокористування, питання лісівничо-фізіологічних особливостей росту культур дуба, стратегії і тактики природоохоронної діяльності лісових заподарств, інтенсифікації лісомисливського господарства, творчого вкладу українських науковців у розвиток лісознавства і практичного лісівництва, лісівничої термінології. Розроблено і впроваджено рекомендації з важливих лісівничих і природо-

охоронних напрямів – вирощування культур дуба в умовах Молдови; охорони фауни в агроландшафтах; обліку мисливських тварин; відтворення корінних природних комплексів на заповідних територіях Західного Поділля. Істотну увагу приділяв питанням покращення захисних властивостей лісу, кормової бази мисливського господарства і підгодівлі диких тварин, водозабезпечення мисливських угідь, розміщення в угіддях біотехнічних споруд тощо.

Володимир Бондаренко був одним з авторів лісо-мисливського районування території України, що враховує поширення звірів і птахів та якість угідь (Бондаренко та ін., 1993). У 1990-х роках досліджував існування фауни в агроландшафтах, вплив на диких тварин сільськогосподарських угідь. Результати таких досліджень, виконаних на замовлення Держагропрому України, подані у кількох публікаціях та в рекомендаціях з охорони фауни (Бондаренко, 1998, 2002).

У процесі досліджень В.Д. Бондаренко встановив закономірності функціонування та формування узлісь та обґрунтував доцільність створення багатокомпонентного узлісся шляхом проведення рубок догляду та іншими лісівничими засобами. Такі узлісся формують сприятливі умови існування для диких тварин (сарни, лисиці, зайця, вивірки), що забезпечує ріст їхньої концентрації в узлісних біотопах (Бондаренко, Фурдичко, 1993).

У 1996 р. видано навчальний посібник «Мисливські трофеї» (співавтори Делеган І.В., Мазепа В.Г., Рудишин М.П.), де подано практичні рекомендації з питань препарування і оброблення тушок та опудал тварин, інших експонатів для наукових і музейних колекцій, виготовлення мисливських трофеїв тощо. У 1998-2002 рр. Володимиром Бондаренком видано перший в Україні навчальний посібник «Біотехнія». В ньому розглянуто загальні положення, предмет, функції та досвід біотехнії, зокрема стан мисливських ресурсів України, законодавство і напрями управління популяціями мисливських тварин, а також вплив фауни на лісо-насадження і поля, приманювання та відлякування тварин, попередження пошкоджень деревостанів; біотехнічна направленість лісогосподарських заходів; акліматизація, реакліматизація та розселення мисливських тварин тощо.

Професор В.Д. Бондаренко був співавтором ґрунтовних досліджень з типології і бонітування мисливських угідь України. Ці розробки було в подальшому використано під час розроблення Настанов з упорядкування мисливських угідь (2002), виданих Державним комітетом лісового господарства України. Ученим також розвинуто теоретичні узагальнення та представлено аналіз експериментальних матеріалів щодо стану лісів природо-заповідного фонду Західного Поділля, висвітлено рівень трансформації їх фітоценотичної структури та лісівничо-таксаційних особливостей деревостанів під впливом попереднього лісогосподарювання. Запропонована система лісівничих природоохоронних заходів для відтворення корінних лісостанів на території природозаповідних об'єктів, яка, зокрема,

включає технологію реалізації природного насінного поновлення основних лісотвірних деревних видів і створення лісових культур, особливості проведення агротехнічних доглядів, рубок догляду, реконструктивних і санітарних рубок.

Значну увагу професор В.Д. Бондаренко приділяв аналізу традицій, ритуалів, закономірностей організації, технологіям та економічним результатам ведення мисливського господарства в європейських країнах. Відзначав високий рівень мисливської культури та широке застосування екологічних підходів у них під час проведення заходів з охорони, збереження погोलів'я і добування мисливських тварин та опрацьовував лісомисливські методи запровадження їх в Україні. У 1996-2000 рр. працював позаштатним консультантом комітету Верховної Ради з питань екологічної політики, природокористування і ліквідації наслідків Чорнобильської катастрофи. Був членом наукового товариства ім. Т.Г. Шевченка (з 1998 р.), Товариства лісівників України. Брав активну участь у роботі науково-технічних рад природних заповідників «Медобори» і «Розточчя», НПП «Сколівські Бескиди» та «Яворівський». Нагороджений відзнаками «Відмінник освіти України», «Відмінник лісового господарства України» та «Почесний лісівник України».

Загалом Володимир Бондаренко щонайменше активно проявив себе у трьох іпостасях – як науковець, педагог і поет. Звичайно, що певні мотиви, прояви, акценти цих трьох напрямів життєдіяльності В.Д. Бондаренка тісно перепліталися між собою та збагачували самого їх носія. Завдяки цьому, він упродовж усього свого життя уникав хибних стежок, не йшов туди, куди не просили, не розштовхував ліктями колег, прориваючись у перші ряди, а залишався у всіх трьох своїх життєвих напрямках філософськи виваженим, природним як день, як ліс. Зокрема і тоді, коли щось не вдавалось, чогось не передбачив, кудись не встигав, бо знав же:

Лісівники ми, друже мій, лісівники
Не все, бува, іде у нас так як треба.
Та світить сонце, галасують ластівки
І підрастають діти і дерева.

Світла пам'ять про чудову людину – Володимира Даниловича Бондаренка видатного лісівника, визнаного науковця, прекрасного педагога і вихователя молоді, талановитого українського поета назавжди залишиться у наших серцях. Мир Вашій душі, Професоре. Ваші учні, послідовники продовжуватимуть Ваші благородні, життєствердуючі діяння.

Зі списку наукових праць

Бондаренко В.Д. (1988) Звірі наших лісів. Київ: Урожай. 60 с.

Бондаренко В.Д. (1992) Українські національні традиції мисливства. Український ліс. № 1. С. 6-14.

Бондаренко В.Д. (1998) Біотехнія: навч. посібник. Частина 1. Львів: ІЗМН. 260 с.

Бондаренко В.Д. (2000) Збереження та відтворення популяції великих ссавців Українських Карпат – комплексна проблема. Великі ссавці Карпат. Матеріали

міжнародної екологічної конференції. Івано-Франківськ. Сіверсія. С. 11-15.

Бондаренко В.Д. (2002) Біотехнія : навч. посібник. Частина 2. Львів: Престиж Інформ. 352 с.

Бондаренко В.Д. (2007) Охотничьи ресурсы Украины: современное состояние. Современные проблемы природопользования, охотоведения и звероводства. № 1. С. 56-57.

Бондаренко В.Д., Дейнека А.М., Бурмас В.Р., Хоєцький П.Б., Ходзінський В.П. (2005) Мисливсько-господарське законодавство України : посібник. Львів: Сполом. 336 с.

Бондаренко В.Д., Делеган І.В., Кравченко С.Н. (1989) Охрана животного мира: Организационные и правовые вопросы : методические указания. Киев: УМКВО. 62 с.

Бондаренко В.Д., Делеган І.В. (1993) Мисливські ресурси. Мисливствознавство. Київ: РНМК. С. 76-80.

Бондаренко В.Д., Делеган І.В. (1993) Хутрові звірі. Мисливствознавство. Київ: РНМК. С. 105-113.

Бондаренко В.Д., Делеган І.В., Кьогалмі Т., Татаринів К.А. (1993) Мисливська зброя, полювання, ведення мисливського господарства. Київ: НМК ВО. 116 с.

Бондаренко В.Д., Делеган І.В., Мазепа В.Г., Рудишин М.П. (1994) Мисливські трофеї. Київ. 104 с.

Бондаренко В.Д., Делеган І.В., Михайлюченко М.Т., Соловій І.П. (1990) Охорона фауни в агроландшафтах. Львів. 81 с.

Бондаренко В.Д., Делеган І.В., Соловій І.П., Рудишин М.П. (1989) Облік диких тварин. Практичні рекомендації. Львів. 66 с.

Бондаренко В.Д., Делеган І.В., Татаринів К.А., Чернявський М.В., Татух С.Д., Лисенко В.І., Рудишин М.П. (1993) Мисливствознавство : навч. посібник. Київ: НМК ВО. 197 с.

Бондаренко В.Д., Коцюба Р.П., Хоєцький П.Б. (2000) Зубри в західному регіоні України. Чтения памяти А.А. Браунера : Материалы международной научной конференции. Одесса: Астропринт. С. 120-126.

Бондаренко В.Д., Литвиненко О. (2000) До питання про екологічну оцінку умов існування (місця проживання) великих ссавців Українських Карпат. Великі ссавці Карпат. Матеріали міжнародної екологічної конференції. Івано-Франківськ. Сіверсія. С. 16-17.

Бондаренко В.Д., Мазепа В.Г., Хоєцький П.Б. (2002) Мисливська кінологія: підручник. Львів: Афіша. 160 с.

Бондаренко В.Д., Різун Е.М. (2016) Актуальні питання стану і ведення мисливського господарства в Україні та можливі напрями їх вирішення. Наукові праці Лісівничої академії наук України, 14. С. 180-184.

Бондаренко В.Д., Фурдичко О.І. (1993) Узлісся: екологія, функції та формування. Львів: Астериск. 64 с.

Бондаренко В.Д., Фурдичко О.І. (1994) Ліс і рекреація в лісі. Львів: Світ. 232 с.

Делеган І.В., Бондаренко В.Д. (1992) Фауна міських екосистем. Проблеми урбоєкології. Київ: НМК ВО. С. 107-123.

Різун Е., Бондаренко В. (2016) Динамічні тенденції стану популяцій мисливської теріофауни України та пропозиції щодо вдосконалення облікових робіт. Праці Теріологічної Школи, 14. С. 34-40.

Luschak M., Delehan I., Bondarenko V. (2016) Biocoe-notics role and wildlife resource management Importance of large predators in the Ukrainian Carpathians. Forest and sustainable development. Faculty of Silviculture and Forest Engineering. Book of abstracts. Braşov, Romania. P. 116.

Ecological foundations of sustainable development of forestry and hunting game management, conservation of nature protection complexes (in commemoration of the 85th anniversary of the birth of an outstanding Ukrainian forester, scientist, educator, famous Ukrainian poet Volodymyr D. Bondarenko)

H. Krynytskyi, E. Rizun, P. Khoetskyi, I. Delehan

In our lives, in our everyday deeds, it is important to remember those who recently worked with us, enriched living space, the current history of everyday life with significant achievements in Ukrainian science, education, literature, and the culture of educating young people.

Volodymyr Danylovych Bondarenko, a professor at the Department of Forestry, PhD in Agricultural Sciences, an academician of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, an outstanding forester, an outstanding scientist, a highly qualified teacher, and a talented Ukrainian poet, also belonged to such people, creative workers. Over the years of scientific and educational activities, he published more than 400 scientific, popular science and educational works. He is the author and co-author of 10 textbooks certified by the Ministry of Education and Science of Ukraine for students of the specialty 205 "Forestry" and the specialization "Hunting Game Management".

Volodymyr Bondarenko's main areas of scientific research were: forest science, forest hunting game management, forestry history, national traditions of forest management, environmental education, nature conservation issues. He studied the problems of rational environmental management, issues of silvicultural and physiological characteristics of growing oak crops, strategies and tactics of environmental protection activities of forest reserves, intensification of forestry and hunting game management, the creative contribution of Ukrainian scientists to the development of forest science and practical forestry, and silvicultural terminology.

Recommendations were developed and implemented for: growing oak crops in the conditions of Moldova; protection of fauna in agricultural landscapes; recording hunting game animals; reproduction of indigenous natural complexes in the protected areas of Western Podillia. In 1996-2000, he worked as an outside consultant to the Verkhovna Rada committee on environmental policy, nature management and liquidation of the consequences of the Chernobyl disaster. For many years of fruitful activities, he was granted many awards, including Certificates of Honor from the Lviv Regional State Administration, the Ukrainian National Forestry University, badges "Excellence in Forestry of Ukraine" and "Honorary Forester of Ukraine".

Оптимізація систем захисних лісових насаджень в агроландшафтах України як запорука їхньої продуктивності та стійкості (спомин до 75-річчя від дня народження видатного українського вченого А. П. Стадника)

О.І. Дребот, В.Л. Мешкова



*У 2023 р. українська аграрна наука відзначила 75-річчя від дня народження **Анатолія Петровича Стадника** – доктора сільськогосподарських наук, професора, старшого наукового співробітника, Лауреата Державної премії України в галузі науки і техніки, Лауреата премії НААН «За видатні досягнення в аграрній науці», академіка Лісівничої академії наук України, Почесного доктора Інституту агроєкології і природокористування НААН. Нагороджений двома медалями ВДНГ СРСР, Почесною Грамотою Президії Української академії аграрних наук України, Подякою Голови Державного агентства лісових ресурсів України. Провідний вчений у галузі агролісомеліорації, лісівництва, агроєкології та охорони навколишнього природного середовища. Засновник нового наукового напрямку в Україні – ландшафтної агролісомеліорації.*

Науковий доробок вченого налічує понад 200 друкованих праць, серед яких дев'ять монографій, 24 науково-методичні рекомендації, енциклопедія агролісомеліорації, словник-довідник з агроєкології і природокористування. А. П. Стадник був розробником Концепції управління агроландшафтами та Концепції охорони ґрунтів від ерозії в Україні.

Анатолій Петрович Стадник назавжди залишиться у нашій пам'яті як світла, порядна, благородна людина, талановитий вчений, наставник, педагог і добрий друг.

Анатолій Петрович Стадник народився 2 листопада 1948 р. у с. Катеринівка Каменського району Молдавської РСР (Молдова). Мати Надія Іванівна та батько Петро Никифорович Стадники працювали вчителями в Катеринівській середній школі.

У 1966 р. вступив на лісгосподарський факультет Української ордена Трудового Червоного Прапора сільськогосподарської академії (тепер – Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ). У 1971 р. після закінчення академії та здобуття кваліфікації «Інженер лісового господарства» його було скеровано у

Харківський філіал інституту «Союзгіпролесхоз» Державного комітету лісового господарства СРСР, де він успішно працював на посаді інженера до кінця 1974 року. Ним розроблено проект залісення лівого берега Дніпродзержинського водосховища, а також проект створення плантацій горіха волоського у Вознесенському районі Миколаївської області (Рацинська дача).

У творчій біографії А. П. Стадника чітко визначені три етапи.

Перший етап («становлення вченого») пов'язаний із Українським науково-дослідним інститу-

том лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г.М. Висоцького (УкрНДІЛГА), де А.П. Стадник навчався в аспірантурі (1974-1977 рр.) та пройшов шлях від молодшого до провідного наукового співробітника, завідувача лабораторії, керівника бюджетних і госпдоговірних тем, захистив кандидатську і зібрав матеріал для докторської дисертації.

Другий етап («стиглість», чи «зрілість») пов'язаний із Інститутом агроекології Української академії аграрних наук (м. Київ), в який вченого запросили у 2011 р., де він завершив і захистив докторську дисертацію, завідував відділом і лабораторією, керував важливими державними фундаментальними та прикладними темами, виховував аспірантів і докторантів.

Зміст третього етапу («викладацька діяльність» – передання набутих знань новим поколінням) пунктиром проходив поряд з першими двома етапами і нарешті став основною діяльністю А.П. Стадника під час його роботи у Білоцерківському національному аграрному університеті.

Перший етап. У 1974 р. А.П. Стадник вступив до очної аспірантури УкрНДІЛГА. Після її закінчення у листопаді 1977 р. його було зараховано на посаду молодшого наукового співробітника відділу полезахисного лісорозведення, а в 1982 р. він успішно захистив кандидатську дисертацію на тему: «Ріст і стан полезахисних лісових смуг у Північному Степу Правобережної України» за спеціальністю 06.03.03 – лісознавство, лісівництво, захисне лісорозведення, лісові пожежі та боротьба з ними.

Питання захисного лісорозведення, створення та вирощування полезахисних лісових смуг, які досліджували вчені УкрНДІЛГА ще з 30-х рр. минулого століття, викликали зацікавленість учених і практиків різних регіонів, особливо розташованих в аридних і напіваридних зонах. Дослідження А.П. Стадника дали можливість визначити шляхи підвищення ефективності полезахисного лісорозведення в північному Степу Правобережної України. За ці роботи його у складі колективу авторів нагороджено двома бронзовими медалями ВДНГ СРСР (1981 і 1984 рр.).

У 1983 р. рішенням Вченої ради УкрНДІЛГА А.П. Стадника було обрано за конкурсом на посаду старшого наукового співробітника, а у 1991 р. присвоєно вчене звання старшого наукового співробітника.

У 1996-1999 рр. А.П. Стадник був завідувачем сектору захисного лісорозведення лабораторії лісовідновлення та захисного лісорозведення, заступником голови науково-методичної комісії з лісорозведення та членом вченої ради УкрНДІЛГА, упродовж 1999-2003 рр. – провідним науковим співробітником лабораторії екології ландшафтів і агролісомеліорації, з 2004 р. – провідним науковим співробітником лабораторії лісових культур та агролісомеліорації. За роки досліджень за тема-

тичним планом УкрНДІЛГА, згідно із замовленням Державного агентства лісових ресурсів України, А.П. Стадник обґрунтував основні положення майбутньої докторської дисертації, зокрема сформулював теоретичні основи створення ефективних екосистем в умовах інтенсивного антропогенного впливу. Ним запропоновано концепції: цілісного підходу до створення ефективних систем лісових насаджень в умовах промислового середовища; формування екологічно стійкого простору (ЕСП) в агроекосистемах, а також – інтенсивного впливу захисних лісових насаджень. На цій основі А.П. Стадник розробив теорію систем в агролісомеліорації під час адаптивно-ландшафтного землекористування та науково-практичні засади створення загальнодержавної оптимізованої системи захисних лісових насаджень в Україні на природно-територіальних принципах.

Другий етап. У 2007 р. А.П. Стадника було запрошено на роботу в Інститут агроекології Української академії аграрних наук (м. Київ) на посаду завідувача відділу природокористування, охорони навколишнього природного середовища та економіки наукових досліджень.

У 2008 р. А.П. Стадник успішно захистив докторську дисертацію на тему: «Ландшафтно-екологічна оптимізація систем захисних лісових насаджень України» за спеціальністю 03.00.16 – екологія в Інституті агроекології УААН.

У роботі наведено результати аналізу динаміки, сучасного стану, структури, кількісного та якісного складу земельного фонду, захисних лісових насаджень різного цільового призначення та антропогенних змін в агроландшафтах. Це дало змогу обґрунтувати можливість створення ефективних систем захисних лісових насаджень, які забезпечать стабільність, збалансоване функціонування та продуктивність агроландшафтів.

З 2008 р. А.П. Стадник завідував відділом природокористування, охорони навколишнього природного середовища та економіки наукових досліджень і лабораторією агролісомеліорації та лісових екосистем Інституту агроекології і природокористування НААН.

Учений був керівником завдання першого рівня: 02. Менеджмент природних ресурсів агроекосистем (2011-2015 рр.), НТП 40 «Еколого-економічні засади збалансованого розвитку агропромислового виробництва, землекористування і сільських територій («Економіка природокористування»); керівником завдання другого рівня: 40.01/20-05. «Розробити наукові основи управління агроландшафтами України лісомеліоративними методами на засадах збалансованого природокористування» (2011-2015 рр.) фундаментальні дослідження; керівником завдання другого рівня: НДР 41.00.02.03.П. «Оптимізація полезахисних лісових смуг агроландшафтів в умовах змін клімату» (2016-2018 рр.).

Професор А.П. Стадник був академіком Лісівничої академії наук України, членом експертної

ради з сільськогосподарських наук ВАК України, членом Координаційно-методичної ради науково-методичного центру «Агроєкологія» НААН, членом спеціалізованої вченої ради Інституту агроєкології природокористування НААН із захисту дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора (кандидата) наук зі спеціальності 03.00.16 – екологія; членом спеціалізованої вченої ради Інституту захисту рослин НААН із захисту дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора (кандидата) наук зі спеціальностей 03.00.16 – екологія, 03.00.16 – ентомологія. Вчений був також членом редакційних колегій науково-теоретичного видання «Агроєкологічний журнал», науково-практичного журналу «Збалансоване природокористування» та збірника наукових праць Білоцерківського національного аграрного університету «Агробіологія»; членом Всеукраїнської громадської організації «Асоціація агроєкологів України» та Громадської ради при Держлісагенстві України.

Під керівництвом професора А. П. Стадника з 2008 р. захищено дві докторські (біологічні і сільськогосподарські науки) та одна кандидатська дисертації за спеціальністю 03.00.16 – екологія. Нездорозумів вчений був офіційним опонентом із захисту докторських та кандидатських дисертацій.

Науковий доробок А. П. Стадника налічує понад 200 друкованих праць, зокрема «Концепція управління агроландшафтами» (2008), «Концепція охорони ґрунтів від ерозії в Україні» (2008), «Методологія управління агроландшафтами лісомеліоративними методами» (2010), «Наукові та прикладні основи захисту ґрунтів від ерозії в Україні» (2010), «Зональні методичні рекомендації із захисту ґрунтів від ерозії в Україні» (2010), «Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Лісостепу України» (2010), «Лістяні ліси північно-степового Придніпров'я України (екологія, типологія, фіторізноманіття)» (2011), «Словник-довідник з агроєкології і природокористування» (2012), «Наукові основи сталого розвитку агроєкосистем України» (2012), «Основи управління агроландшафтами України» (2012) та 24 науково-методичні рекомендації.

Третій етап. Викладацька діяльність А. П. Стадника розпочалася у 2006-2007 рр., коли він працював за сумісництвом на посаді доцента кафедри лісових культур та меліорацій Харківського національного аграрного університету ім. В. В. Докучаєва. В той час він викладав навчальну дисципліну «Лісові меліорації» за спеціальністю 7.130401 «Лісове господарство». У 2010-2011 рр. А. П. Стадник працював на посаді професора кафедри екології та навколишнього середовища Вінницького національного аграрного університету.

Впродовж 2011-2019 рр. професор А. П. Стадник завідував кафедрою лісівництва, ботаніки і фізіології рослин агробіотехнологічного факультету Біло-

церківського національного аграрного університету. З великим натхненням він готував фахівців за напрямками «Лісове господарство», «Садово-паркове господарство» та «Агрономія», викладаючи навчальні дисципліни «Лісівництво», «Лісівництво», «Рекреаційне лісівництво», «Лісова меліорація», «Агролісомеліорація», «Основи фахової підготовки» та «Лісовий кадастр».

Підбиваючи підсумок майже 50-річної наукової діяльності професора А. П. Стадника та його життя, що обірвалося 6 вересня 2019 року, можна констатувати, що він був провідним вченим України з питань агролісомеліорації і захисного лісорозведення, стабільного розвитку агроландшафтів.

Особистий внесок професора А. П. Стадника у вітчизняну науку є дуже вагомим. Зокрема, він розробив методологію управління агроландшафтами лісомеліоративними методами; започаткував новий науковий напрям в Україні – ландшафтна агролісомеліорація; розробив теоретико-методологічні засади ландшафтно-екологічної оптимізації систем захисних лісових насаджень в агроландшафтах і теорію систем в агролісомеліорації; запропонував комплексне лісомеліоративне районування України; розробив науково-практичні засади створення загальнодержавної оптимізованої системи захисних лісових насаджень в Україні; розробив науково обґрунтовані методи і заходи догляду за полезахисними лісовими насадженнями, теоретично обґрунтував їхню структуру.

За плідну науково-педагогічну працю професора А. П. Стадника нагороджено двома бронзовими медалями ВДНГ СРСР (1983, 1984), Почесною грамотою Президії Української академії аграрних наук України (2008), Подякою Голови Державного агентства лісових ресурсів України (2012), відзнакою Інституту агроєкології і природокористування НААН «Гордість Інституту агроєкології і природокористування» (2017), Почесною відзнакою «Заслужений захисник природи» Всеукраїнської громадської організації «Асоціація агроєкологів України» (2018). Вчений був лауреатом Державної премії України в галузі науки і техніки (2014), лауреатом премії НААН «За видатні досягнення в аграрній науці» (2013), Почесним доктором Інституту агроєкології і природокористування НААН (2013).

2 листопада 2023 р., в день народження професора А. П. Стадника, в Інституті агроєкології і природокористування НААН України за участі вчених різних наукових і навчальних закладів відбувся круглий стіл з нагоди спомину до 75-річчя від дня народження видатного українського вченого, в рамках якого було узагальнено вагомий науково-методичний і педагогічний доробок цієї непересічної, доброзичливої, працелюбної, світлої і талановитої Людини з добрим серцем і глибоким розумом.

Optimization of protective forest plantation systems in agrarian landscapes of Ukraine is the key to their productivity (in memory of the 75th anniversary of the birth of the outstanding Ukrainian scientist Anatoliy P. Stadnyk)

O. Drebot, V. Meshkova

In 2023, Ukrainian agricultural science celebrates the 75th anniversary of the birth of Anatoliy Petrovych Stadnyk – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Senior Researcher, Laureate of the State Prize of Ukraine in Science and Technology, Laureate of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine Award «For Outstanding Achievements in Agricultural Science», Academician of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Honorary Doctor of the Institute

of Agroecology and Nature Management of the National Academy of Agrarian Sciences. He was awarded two medals by VDNH of the USSR, an Honorary Diploma by the Presidium of the Ukrainian Academy of Agrarian Sciences, and a Letter of Thanks by the Head of the State Agency for Forest Resources of Ukraine.

He was a leading scientist in the fields of agroforestry, forestry, agroecology, and environmental protection. He was the founder of a new research branch in Ukraine – landscape agroforestry. A. P. Stadnyk was an author (co-author) of over 200 published works, including nine monographs, 24 scientific-methodological recommendations, an encyclopedia of agroforestry, a dictionary-handbook on agroecology and nature management, the Concept of Agrolandscape Management, and the Concept of Soil Erosion Control in Ukraine.

Anatoliy Petrovych Stadnyk will forever remain in our memory as a bright, honorable, noble person, a talented scientist, educator, and a good friend.

ДО УВАГИ АВТОРІВ

У «Наукових працях 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, ресурсоощадних та екологобезпечних технологій деревообробки, машин і механізмів лісогосподарського комплексу, інформаційних технологій галузі.

Редакція приймає до опублікування статті обсягом 15-25 сторінок машинописного тексту, надрукованого через 1,5 інтервала. Формат документа – А4, формат файлу – *.docx (MS Word 2010, 2013). Поля – 2 см по периметру. В редакцію подається електронний варіант статті.

Текст наукової (експериментальної) статті подається за такою структурою: вступ; об'єкти та 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 статті повинні бути чітко сформульовані актуальність теми, мета роботи, об'єкт і предмет дослідження.

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, телефон, 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 становить 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*. Самоцититування – 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 мовою оригіналу, а в квадратних дужках – англійською мовою. У 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 англословну 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 подають 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 в кінці таблиці.

Потрібно розрізняти символи «—», «—» та «-». Перший із них у рукописі статті не використовують.

Необхідно звернути увагу на правильність вживання 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.

Отримані 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 формують 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 короткими і поданими у вигляді тексту без нумерації.

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, проходять процес рецензування. Форми рецензування статей: внутрішня; зовнішня.

Заступник головного редактора визначає відповідність статті профілю журналу і скеровує її на рецензування фахівцю – доктору чи кандидату наук, який має 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: <http://fasu.nltu.edu.ua/index.php/nplanu>

Збірник наукових праць
Наукові праці Лісівничої академії наук України
Випуск 25
2023 р.

Науковий редактор: Ю. М. Дебринюк, проф., д-р с.-г. наук
Редактор англomовних текстів: В. Лентяков
Літературний редактор: А. Павлишин
Фото і текст на 4-ій сторінці обкладинки: Ю. М. Дебринюк

Підписано до друку 28.12.2023 р. Формат 60×84/8. Папір офсетний.
Друк офсетний. Гарнітура Times New Roman.
Ум. друк. арк. 25,57. Обл.-вид. арк. 22,6.
Наклад 300 прим. Зам. № 3019

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>

Збірник «Наукові праці Лісівничої академії наук України» входять до міжнародних наукометричних баз Directory of Open Access Journals, Ulrichsweb, CrossRef, Index Copernicus, Google Scholar

