

Національний лісотехнічний університет України
Лісівнича академія наук України

НАУКОВІ ПРАЦІ

ЛІСІВНИЧОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ

Випуск 24

Започатковано у 2001 р.

Львів
Видавництво «Компанія “Манускрипт”»
2022

Наукові праці Лісівничої академії наук України: збірник наукових праць. – Львів: Видавництво «Компанія “Манускрипт”», 2022. – Вип. 24. – 210 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 та лісовпорядкування. Наведено результати досліджень у сфері відтворення та покращення стану лісових насаджень, захисту лісів від шкідників і хвороб, економіки природокористування та менеджменту, лісової інженерії, ресурсощадних 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 29.12.2022 р.).

Редакційна колегія:

- | | |
|--------------------------------------|---|
| <i>професор</i> Ігор Соловій, | <i>д-р ек. наук</i> – головний редактор; |
| <i>професор</i> Юрій Дебринюк, | <i>д-р с.-г. наук</i> – заступник головного редактора; |
| <i>професор</i> Норберт Вебер, | <i>д-р габілітований</i> , Технічний університет Дрездена, Німеччина; |
| <i>професор</i> Анджей Возняк, | <i>д-р габілітований</i> , Університет Природничий в Любліні, Польща; |
| <i>професор</i> Анатолій Гойчук, | <i>д-р с.-г. наук</i> , Національний ун-т біоресурсів і природокор. України, Київ; |
| <i>професор</i> Ервін Гуссендборфер, | <i>д-р габілітований</i> , Університет прикладних наук Вайєнштефан-Трісдорф, м. Фрайзінг, Німеччина; |
| <i>професор</i> П'єр Л. Ібіш, | <i>д-р габілітований</i> , Університет сталого розвитку Еберсвальде, м. Еберсвальде, Німеччина; |
| <i>професор</i> Петро Лакида, | <i>д-р с.-г. наук</i> , Національний ун-т біоресурсів і природокор. України, Київ; |
| <i>професор</i> Степан Миклуш, | <i>д-р с.-г. наук</i> , Національний лісотехнічний університет України, Львів; |
| <i>професор</i> Віктор Ткач, | <i>д-р с.-г. наук</i> , Укр. наук.-дослід. інститут лісівництва та аеролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького, Харків; |
| <i>доцент</i> Олег Часковський, | <i>канд. с.-г. наук</i> , Національний лісотехнічний університет України, Львів; |
| <i>професор</i> Петер Шпатгельф, | <i>д-р</i> , Університет сталого розвитку Еберсвальде, м. Еберсвальде, Німеччина; |
| <i>професор</i> Василь Лавний, | <i>д-р с.-г. наук</i> , Національний лісотехнічний університет України, Львів; |
| <i>доцент</i> Володимир Крамарець, | <i>канд. с.-г. наук</i> , Національний лісотехнічний університет України, Львів; |
| <i>професор</i> Надія Олексійченко, | <i>д-р с.-г. наук</i> , Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова, Харків; |
| <i>професор</i> Григорій Криницький, | <i>д-р біол. наук</i> , Національний лісотехнічний університет України, Львів; |
| <i>професор</i> Володимир Заїка, | <i>д-р біол. наук</i> , Національний лісотехнічний університет України, Львів; |
| <i>професор</i> Мирослава Сорока, | <i>д-р біол. наук</i> , Національний лісотехнічний університет України, Львів; |
| <i>професор</i> Платон Третяк, | <i>д-р біол. наук</i> , Державний природознавчий музей НАН України, Львів; |
| <i>професор</i> Юрій Туниця, | <i>д-р ек. наук</i> , акад. НАН України, Національний лісотехн. ун-т України, Львів; |
| <i>професор</i> Лідія Заднік-Штірн, | <i>д-р ек. наук</i> , Університет м. Любляна, Словенія; |
| <i>професор</i> Марія Нижник, | <i>д-р ек. і соц. наук</i> , Джеймс Хаттон Інститут, м. Абердин-Данді, Великобританія; |
| <i>професор</i> Євген Мішенін, | <i>д-р ек. наук</i> , Сумський державний університет, Суми; |
| <i>професор</i> Павло Бехта, | <i>д-р техн. наук</i> , Національний лісотехнічний університет України, Львів; |
| <i>професор</i> Володимир Голубець, | <i>д-р техн. наук</i> , Національний лісотехнічний університет України, Львів; |
| <i>професор</i> Юрій Грицюк, | <i>д-р техн. наук</i> , Національний університет «Львівська політехніка», Львів; |
| <i>професор</i> Ігор Озарків, | <i>д-р техн. наук</i> , Національний лісотехнічний університет України, Львів; |
| <i>професор</i> Ян Седлячек, | <i>д-р філософії</i> , Технічний університет в м. Зволєн, Словаччина. |

Науковий редактор: *Юрій ДЕБРИНЮК*

Літературний редактор: *Анна ПАВЛИШИН*

Редактор англомовних 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 24

Founded in 2001

Lviv
«Company “Manuscript”»
2022

Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine: Collection of Research Papers. – Lviv : «Company “Manuscript”», 2022. – Vol. 24. – 210 p.

In this Collection of Research Papers the result of studies which are focused on scientific advancement in the field of biology of plant communities, forestry and silviculture, forest biometry and forest management planning are published. As well as the results of studies in the field of forest ecology, forest restoration, forest protection, natural 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 universities and other educational institutions, and a wide audience of forestry sector and timber industry professionals.

The Collection 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 2022.12.29*).

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.), National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv;</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>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>Associate professor Volodymyr Kramarets,</i>	<i>PhD (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 Volodymyr Zaika,</i>	<i>Dr. Sc. (Biol.), Ukrainian National Forestry University, Lviv;</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 Platon Tretyak,</i>	<i>Dr. Sc. (Biol.), State Museum of Natural Sciences of Ukraine, Lviv;</i>
<i>Professor Yuriy Tunytsya,</i>	<i>Dr. Sc. (Econ.), Member of the NAS of Ukraine, Ukrain. National Forestry University, Lviv;</i>
<i>Professor Lidija Zadnik-Stirn,</i>	<i>Dr. Sc., University of Ljubljana, Slovenia;</i>
<i>Professor Maria Nijnik,</i>	<i>Dr. Sc. (Econ. & Soc.), James Hutton Institute, Aberdeen, Dundee, United Kingdom;</i>
<i>Professor Evgen Mishenin,</i>	<i>Dr. Sc. (Econ.), Sumy State University, Sumy;</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

<i>Г. Т. Криницький, Р. Т. Гут, В. А. Ковальова, Н. І. Груник</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕНЕТИЧНОГО РІЗНОМАНІТТЯ ВИДОВОГО СКЛАДУ ЛІСОВИХ ДЕРЕВОСТАНІВ	11
---	----

2. ЛІСОЗНАВСТВО, ЛІСІВНИЦТВО ТА МИСЛИВСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО

<i>S. Los, L. Tereshchenko, M. Petrenko</i> APPROBATION OF THE METHOD FOR ASSESSING THE INVASIVE ACTIVITY AND SELECTION VALUE OF <i>ROBINIA PSEUDOACACIA</i> L. IN KIROVOHRAD REGION CONDITIONS (Апробація методики оцінювання інвазійної активності та селекційної цінності <i>Robinia pseudoacacia</i> L. в умовах Кіровоградщини)	24
<i>T. Pyvovar, O. Lialin, V. Meshkova</i> CAUSES AND TRENDS IN DEFOLIATION OF <i>FRAXINUS EXCELSIOR</i> L. IN UKRAINE ACCORDING TO FOREST MONITORING DATA (Причини та тенденції дефоліації <i>Fraxinus excelsior</i> L. в Україні згідно з даними моніторингу лісів)	36
<i>П. І. Ванджурак, Ю. М. Дебринюк</i> ПОКУТСЬКІ КАРПАТИ ЯК ПРИРОДНО-ГОСПОДАРСЬКИЙ РЕГІОН УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ	47
<i>І. М. Коваль, О. Ю. Андреева</i> РАДІАЛЬНИЙ ПРИРІСТ СОСНИ ЗВИЧАЙНОЇ ПОРЯД ЗІ ЗРУБОМ СУЦІЛЬНОЇ РУБКИ В ОСЕРЕДКУ ВЕРХІВКОВОГО КОРОЇДА В ПОЛІССІ	56
<i>В. В. Лавний, О. Б. Матусевич</i> ТИПОЛОГІЧНА СТРУКТУРА І ПРОДУКТИВНІСТЬ ЯЛИНОВИХ ЛІСІВ УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ	66
<i>В. П. Лосюк, О. О. Погрібний, М. В. Томич, О. Г. Часковський, П. І. Ванджурак</i> СТАН І СТРУКТУРА ЯЛИЦЕВИХ ЛІСІВ ПОКУТСЬКИХ КАРПАТ	79
<i>П. П. Плїхтяк, П. Г. Хомюк</i> ДИНАМІКА ПРИРОДНОГО ПОНОВЛЕННЯ БУКА ЛІСОВОГО ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ПРОВЕДЕННЯ ДОГЛЯДОВИХ ТА ГРУПОВО-ВИБІРКОВИХ РУБОК	91

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

<i>Ю. М. Дебринюк, В. В. Лавний, С. І. Миклуш, Т. М. Чіхрак</i> ДОЦІЛЬНІСТЬ ВПРОВАДЖЕННЯ У ЛІСОВІ НАСАДЖЕННЯ УКРАЇНИ ІНТРОДУКОВАНИХ ДЕРЕВНИХ ВИДІВ	104
--	-----

<i>С. П. Распоіна, М. М. Діденко, Ю. М. Біла, В. В. Горошко, А. В. Гармаш</i> ВПЛИВ СТИМУЛЯТОРІВ РОСТУ НА ПРИЖИВЛЮВАНІСТЬ І РІСТ СОСНИ ЗВИЧАЙНОЇ В ЛІСОВИХ КУЛЬТУРАХ СЛОБОЖАНСЬКОГО ЛІСОРΟΣЛИННОГО РАЙОНУ УКРАЇНИ	120
<i>Я. Д. Фучило, О. О. Бордусь</i> ВИРОЩУВАННЯ ОДНОРІЧНИХ ЖИВЦЕВИХ САДЖАНЦІВ ТОПОЛІ В УМОВАХ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ	129

4. ЛІСОВА ТАКСАЦІЯ ТА ЛІСОВПОРЯДКУВАННЯ

<i>V. Pasternak, O. Girs, V. Sklyarov</i> DYNAMICS OF DIMENSIONAL STRUCTURE AND MERCHANTABILITY OF ASPEN STANDS IN THE SLOBOZHANSKY FOREST TYPOLOGICAL DISTRICT (Динаміка розмірної та товарної структури осикових деревостанів Слобожанського лісотипологічного району).....	136
<i>М. М. Король, О. Є. Токар, М. І. Густі, С. В. Портах, Б. З. Нагорняк, В. П. Приндак, В. В. Земан, В. О. Крамарець</i> СТРУКТУРА ПРИРОДНИХ НАСАДЖЕНЬ ЗАПОВІДНИХ ТЕРИТОРІЙ УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ ТА ОЦІНКА СТОВБУРОВОГО ЗАПАСУ ВУГЛЕЦЮ	143
<i>С. І. Миклуш, Ю. С. Миклуш, Ю. М. Дебринюк, Р. М. Приступа</i> ЗМІНИ У СТРУКТУРІ ЛІСОВОГО ФОНДУ ДП «РАХІВСЬКЕ ЛІСОВЕ ДОСЛІДНЕ ГОСПОДАРСТВО» З ІНТЕРВАЛОМ У 70 РОКІВ	153

5. ЕКОЛОГІЯ, ЕКОНОМІКА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ ТА МЕНЕДЖМЕНТ

<i>Н. Г. Лук'янчук, Ю. М. Іваник</i> АНАЛІЗ ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ЕКОТУРИЗМУ УЖАНСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКУ У ПІСЛЯВОЄННИЙ ПЕРІОД	164
---	-----

6. ДЕРЕВООБРОБНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ЛІСОВА ІНЖЕНЕРІЯ

<i>П. А. Бехта, І. І. Кусняк, О. М. Чернецький, Н. С. Бехта</i> МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ФАНЕРИ, СКЛЕЄНОЇ ТЕРМОПЛАСТИЧНОЮ ПЛІВКОЮ ПЕРВИННОГО ПОЛІЕТИЛЕНУ НИЗЬКОЇ ГУСТИНИ	176
---	-----

7. РЕЦЕНЗІЇ, ВІДГУКИ ТА ВІТАННЯ

<i>В. С. Загорський, М. М. Борис, П. К. Динька, Г. Т. Криницький, В. П. Кучерявий, В. В. Лавний, В. М. Маєвський, С. І. Миклуш, І. Т. Ребезнюк, Ю. Ю. Туниця, Ю. І. Цинтилюк</i> ЛІСОІНЖЕНЕРІЯ – ТЕХНІЧНА ОСНОВА СТАЛОГО РОЗВИТКУ ЛІСОВОГО ГОСПОДАРСТВА (до 75-річчя від дня народження професора Миколи Адамовського)	185
--	-----

Г. Т. Криницький, І. І. Мостов'як, Ю. М. Дебринюк

ЗАЛІСЕННЯ ПРИСТЕПОВИХ БОРІВ УКРАЇНИ РІЗНОГО ЦІЛЬОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ЙОГО РОЛЬ У ПІДВИЩЕНІ ЛІСІВНИЧО-ЕКОЛОГІЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ АГРОЛАНДШАФТІВ (з нагоди 70-річчя академіка Лісівничої академії наук України, професора Володимира Шлапака) 189

В. П. Пастернак, І. М. Коваль

ШКОЛА ЛІСОВОЇ ЕНТОМОЛОГІЇ ТА ЗАХИСТУ ЛІСУ (до 70-річчя від дня народження академіка Лісівничої академії наук України, керівника Східного відділення ЛАН України, професора В. Л. Мешкової) 192

8. СТОРІНКИ ПАМ'ЯТІ

Л. І. Копій, В. В. Лавний, І. П. Соловій

КОМПЛЕКСНЕ ВЕДЕННЯ ЛІСОВОГО ГОСПОДАРСТВА ЯК ОСНОВА ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ЛІСІВ (спомин до 100-річчя від дня народження видатного українського вченого та співака С. А. Генсірука) 201

Ю. Ю. Туниця, М. Г. Адамовський, Н. І. Библюк, М. М. Борис, О. А. Стиранівський, А. А. Бойко, Н. В. Шевченко

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ РУХУ ЛІСОВИХ МАШИН (спомин до 90-річчя від дня народження професора Б. В. Білика) 204

М. М. Борис, О. А. Стиранівський, О. С. Мачуга, М. І. Герис, А. А. Бойко, Н. В. Шевченко, М. М. Бойко, А. Л. Щупак, М. І. Олійник

ПАМ'ЯТІ АКАДЕМІКА ЛІСІВНИЧОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ НЕСТОРА ІВАНОВИЧА БИБЛЮКА (16.06.1935 – 21.09.2022) 206

ДО УВАГИ АВТОРІВ 208

CONTENTS

1. BIOLOGICAL ASPECTS OF PLANT COMMUNITIES

H. Krynytskyy, R. Gout, V. Kovaleva, N. Hrunyk

INVESTIGATION OF THE GENETIC DIVERSITY OF SPECIES COMPOSITION OF FOREST STANDS	11
---	-----------

2. FORESTRY, SILVICULTURAL SCIENCES AND WILDLIFE RESOURCE MANAGEMENT

S. Los, L. Tereshchenko, M. Petrenko

APPROBATION OF THE METHOD FOR ASSESSING THE INVASIVE ACTIVITY AND SELECTION VALUE OF <i>ROBINIA PSEUDOACACIA</i> L. IN KIROVOHRAD REGION CONDITIONS	24
--	-----------

T. Pyvovar, O. Lialin, V. Meshkova

CAUSES AND TRENDS IN DEFOLIATION OF <i>FRAXINUS EXCELSIOR</i> L. IN UKRAINE ACCORDING TO FOREST MONITORING DATA.....	36
---	-----------

P. Vandzhurak, Iu. Debryniuk

THE POKUTTYA CARPATHIANS AS A NATURAL AND FORESTRY REGION OF THE UKRAINIAN CARPATHIANS	47
---	-----------

I. Koval, O. Andreeva

RADIAL INCREMENT OF SCOTS PINE NEXT TO THE A PLACE OF CLEAR CUTTING AT THE CENTER OF THE IPID BARK BEETLE OUTBREAKS IN POLISSYA	56
--	-----------

V. Lavnyy, O. Matusevych

TYPOLOGICAL STRUCTURE AND PRODUCTIVITY OF SPRUCE FORESTS IN THE UKRAINIAN CARPATHIANS.....	66
---	-----------

V. Losyuk, O. Pohribnyi, M. Tomych, O. Chaskovsky, P. Vandzhurak

THE CONDITION AND STRUCTURE OF FIR FORESTS OF THE POKUTTIA CARPATHIANS	79
---	-----------

P. Plikhtiak, P. Khomiuk

DYNAMICS OF NATURAL REGENERATION OF EUROPEAN BEECH BASED ON THE RESULTS OF GROUP-SELECTION FELLING OF THE MAIN USE.....	91
--	-----------

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

Iu. Debryniuk, V. Lavnyy, S. Myklush, T. Chihrak

EXPEDIENCY OF INTRODUCTION OF ALIEN TREE SPECIES INTO FOREST PLANTATIONS OF UKRAINE	104
--	------------

<i>S. Raspopina, M. Didenko, Yu. Belay, V. Goroshko, A. Harmash</i> THE INFLUENCE OF GROWTH STIMULANTS ON SURVIVAL AND GROWTH OF <i>PINUS SYLVESTRIS</i> IN FOREST PLANTATIONS OF THE SLOBOZHANSKY FOREST REGION OF UKRAINE	120
<i>Ya. Fuchylo, O. Bordus</i> GROWING OF ONE-YEAR-OLD POPLAR SEEDLINGS IN THE CONDITIONS OF THE RIGHT-BANK FOREST-STEPPE	129
4. FOREST BIOMETRY AND FOREST MANAGEMENT PLANNING	
<i>V. Pasternak, O. Girs, V. Sklyarov</i> DYNAMICS OF DIMENSIONAL STRUCTURE AND MERCHANTABILITY OF ASPEN STANDS IN THE SLOBOZHANSKY FOREST TYPOLOGICAL DISTRICT	136
<i>M. Korol, O. Tokar, M. Gusti, S. Portakh, B. Nagornyak, V. Pryndak, V. Zeman, V. Kramarets</i> THE STRUCTURE AND STEM CARBON OF NATURAL FOREST STANDS IN THE PROTECTED TERRITORIES OF THE UKRAINIAN CARPATHIANS	143
<i>S. Myklush, Y. Myklush, Iu. Debryniuk, R. Prystupa</i> CHANGES IN THE FOREST FUND OF THE STATE ENTERPRISE “RAKHIV EXPERIMENTAL FORESTRY” ACCORDING TO FOREST MANAGEMENT MATERIALS AS OF 1951 AND 2021	153
5. ECOLOGY, NATURAL RESOURCE ECONOMICS AND MANAGEMENT	
<i>N. Lukianchuk, Yu. Ivanyk</i> ANALYSIS OF THE PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF ECO-TOURISM OF THE UZHAN NATIONAL NATURE PARK IN THE POST-WAR PERIOD	164
6. WOOD PROCESSING TECHNOLOGIES AND FOREST ENGINEERING	
<i>P. Bekhta, I. Kusniak, O. Chernetskyi, N. Bekhta</i> MECHANICAL PROPERTIES OF PLYWOOD GLUED WITH THE USE OF THERMOPLASTIC FILM OF PRIMARY LOW DENSITY POLYETHYLENE	176
7. REVIEWS, COMMENTS, CONGRATULATIONS AND WISHES	
<i>V. Zagorskyi, M. Borys, P. Dynka, G. Krynytskyy, V. Kucheryavy, V. Lavny, V. Majeovsky, S. Miklush, I. Rebeznyuk, Yu. Tunytsia, Yu. Tsintiliuk</i> FOREST ENGINEERING – THE TECHNICAL BASIS FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF FORESTRY (to the 75th birth anniversary of Professor Mykola Adamovskyi)	185

H. Krynytskyy, I. Mostovyak, Iu. Debryniuk

AFFORESTATION OF STEPPE PINE FORESTS OF UKRAINE FOR VARIOUS PURPOSES AND ITS ROLE IN INCREASING THE FORESTRY AND ECOLOGICAL POTENTIAL OF AGROLANDSCAPES (on the occasion of the 70th birthday of Academician of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Professor Volodymyr Shlapak)	189
--	-----

V. Pasternak, I. Koval

SCHOOL OF FOREST ENTOMOLOGY AND FOREST PROTECTION (for the 70th birthday of Professor V. L. Meshkova, Full Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, The Head of the Eastern branch of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine)	192
---	-----

8. MEMORY PAGES

L. Kopyy, V. Lavnyy, I. Soloviy

MULTIFUNCTIONAL FOREST MANAGEMENT AS A BASIS FOR INCREASING THE PRODUCTIVITY OF FORESTS (commemoration of the 100th birthday anniversary of the outstanding Ukrainian scientist and singer Stepan Gensiruk)	201
--	-----

Yu. Tunytsya, M. Adamovskyy, N. Byblyuk, M. Borys, O. Styranivckyi, A. Bojko, N. Shevchenko

MODELING THE PROCESSES OF MOTION OF FORESTRY MACHINES (commemoration of the 90th anniversary birth of a corresponding member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine Professor Bohdan Bilyk (1931-2014))	204
--	-----

M. Borys, O. Styranivskyy, O. Machuga, M. Herys, A. Boyko, N. Shevchenko,

M. Boyko, A. Shchupak, M. Oliylyk

IN MEMORY OF AN ACADEMICIAN OF THE FORESTRY ACADEMY OF SCIENCES OF UKRAINE NESTOR IVANOVICH BYBLYUK (16.06.1935 – 21.09.2022)	206
--	-----

INFORMATION FOR AUTHORS	208
-------------------------------	-----

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/10.15421/412201>
Article received 2022.08.12
Article accepted 2022.12.29

ISSN 1991-606X print
ISSN 2616-5015 online
@ ✉ Correspondence author
Hryhoriy Krynytskyi
krynytsk@ukr.net

103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine

УДК 630*165.4:[630*81:630*810]

Дослідження генетичного різноманіття видового складу лісових деревостанів¹

Г. Т. Криницький², Р. Т. Гут³, В. А. Ковальова⁴, Н. І. Груник⁵

В історичному аспекті представлено аналіз досліджень генетичного різноманіття лісотвірних деревних видів. В їх розвитку виділено чотири важливих напрями: еколого-географічний; фенотипічний з відбором кращих плюс-варіантів; генетико-популяційний; морфолого-фізіологічний.

Запровадження цих напрямів у практику лісового господарства здійснюється на основі як традиційних, так і новітніх підходів до селекційної оцінки деревних рослин. Традиційні способи ідентифікації дерев базуються на використанні різноманітних морфолого-анатомічних, фізіологічних і біохімічних показників дерев. До нетрадиційних підходів відносять використання показників вмісту терпенових вуглеводнів, ізоферментний аналіз, дослідження генетичної мінливості рослин на рівні ДНК.

*На сьогодні бурхливо розвивається новий науковий напрям генетичних досліджень – геноміка, яка дає змогу отримати важливу генетичну інформацію і розробити високоінформативні молекулярно-генетичні маркери – мікросателіти та однонуклеотидні поліморфізми. Вони можуть бути ефективно використані для вивчення генетичної мінливості лісів, їх адаптації до зміни клімату, для створення селекційних програм. До останніх досягнень в області лісової геноміки відносять повногеномне секвенування, збірку та анування геномів *Picea abies* (L.) Karst., *Picea glauca* Voss., *Pinus taeda* L., *Pinus sylvestris* L., *Larix sibirica* Ledeb., *Pinus sibirica* Du Tour. та інших видів хвойних.*

Водночас, поряд з методами біохімічної генетики, а також традиційними способами досліджень, необхідні нові підходи до вирішення генетико-селекційних задач у лісовому господарстві, які враховують тривалість

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 Гут Роман Тарасович – академік Лісівничої академії наук України, доктор біологічних наук, професор кафедри лісівництва. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна

⁴ 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>

⁵ Груник Наталія Ігорівна – пост-докторант, Агроскоп (Шанжан), вул. Дюїе 50, 1260 Ньйон, Швейцарія. Тел.: +41796331678. E-mail: nataliya.hrunyk@agroscope.admin.ch ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9136-0973>

онтогенезу деревних видів, вікові зміни у їхньому розвитку, механізми реалізації генотипу в конкретних умовах середовища.

Ключові слова: селекційна оцінка дерев; історія розвитку; традиційні і новітні генетичні підходи; способи ідентифікації; генотип.

Вступ (Introduction). Біорізноманіття нашої планети складає понад два мільйони видів організмів. Відомо, що в процесі еволюції біосфери одні види біологічних організмів виникали, інші – зникали. Цей процес достатньо повно узагальнено М. А. Голубцем (1997, 2003).

Діяльність людства внесла додаткові колосальні зміни у життєве середовище планети. Особливо це стосується значного вимирання живих організмів впродовж останніх трьох століть. За оцінкою міжнародних природоохоронних організацій, станом на середину 80-х років ХХ ст. приблизно 20-30 тис. видів квіткових рослин стали рідкісними і потребували охорони. У найближчій перспективі біорозмаїття Планети може скоротитись на 500 тис. видів та підвидів тварин і рослин (Diaz et al., 2019).

Таке становище викликало належну стурбованість у міжнародній спільноті, що знайшло відображення у рішеннях ООН, ЮНЕСКО, НАТО та інших. Однією з найважливіших подій у цьому напрямі було прийняття у 1992 р. керівниками 179 держав у Ріо-де-Жанейро Конвенції ООН з питань довкілля і розвитку (Конвенція, 2015).

Результати аналітичного огляду генетичного різноманіття деревних видів (Results of an analytical review of the genetic diversity of tree species).

Основні напрями генетико-селекційних досліджень (Main directions of genetic and selection research). Питання охорони біологічного різноманіття, зокрема видового складу деревних рослин лісових екосистем, тісно пов'язане з генетико-селекційними роботами. В історії розвитку цих робіт стосовно лісових фітоценозів можна виділити декілька принципово-важливих та якісно відмінних напрямів: еколого-географічний; фенотипічний з відбором кращих плюс-варіантів; генетико-популяційний; морфолого-фізіологічний (Криницький, 1993; Патлай та ін., 2001).

Еколого-географічний напрям базується на груповому відборі кращих за продуктивністю та адаптивною цінністю географічних варіантів, екотипів, популяцій (Ромедер, Шенбах, 1962; Молотков и др., 1982; Білоус, 2003). Зародився він ще наприкінці ХVIII-початку ХІХ ст., коли у Франції Дюгамелем де Монсо і Ф. Андре де Вільмореном були закладені перші географічні культури сосни і модрина.

Фенотипічний напрям з відбором кращих плюс-варіантів сформувався значно пізніше – в 30-х-50-х роках ХХ ст. (Lindquist, 1948; Молотков и др., 1982). В його основу покладено масовий та індивідуальний відбір за прямими та опосередкованими ознаками як без перевірки відібраного матеріалу на спадковість, так і з генетичною оцінкою материнських об'єктів за насінним або вегета-

тивним потомством. У цьому напрямі розроблено плюсову систему селекції, яка активно і в широких масштабах впроваджувалася в практику лісового господарства у 70-80-х роках минулого століття.

Генетико-популяційний напрям значною мірою базується на біохімічній генетиці і передбачає, насамперед, здійснення численних досліджень внутрішньо-популяційної мінливості важливих для селекції ознак деревних рослин (Роне, 1978; Jin, 2019). Інтенсивний розвиток його почався лише з 60-70-х років ХХ ст. і був спрямований на вивчення генетичної структури популяцій та їх адаптивних механізмів, оптимізацію селекційного процесу в лісі та активізацію розробки популяційної системи селекції.

Морфолого-фізіологічний напрям сформувався на стику лісової селекції, генетики та фізіології рослин і передбачає вивчення фізіолого-біохімічних аспектів життєдіяльності генотипів у конкретних умовах середовища та перехід від генетико-селекційних досліджень за схемою «генотип – нагромадження фітомаси» (або якась інша селекційна ознака) до комплексних досліджень «генотип – конкретні умови середовища – фізіолого-біохімічні процеси – нагромадження фітомаси» (або, відповідно, інша ознака) (Криницький, 1993, 1999). Принципова відмінність цього напрямку від інших полягає в тому, що селекційний процес тут замість тільки самого генотипу спрямований на генотип з урахуванням механізмів реалізації його в конкретних умовах середовища.

Отже, морфолого-фізіологічний напрям передбачає селекцію на взаємодію в системі «генотип – середовище». Ця взаємодія виявляється через інтенсивність проходження фізіолого-біохімічних процесів. Таким чином здійснюється органічний зв'язок лісової селекції з фізіологією деревних рослин та розвиток селекційних досліджень з урахуванням фізіолого-генетичних закономірностей продукційного процесу.

Однак висока генетична поліморфність деревних рослин, значна варіабельність впливів середовища на генотип зумовлюють велику мінливість дерев за енергією росту та іншими ознаками і створюють значні труднощі в проведенні досліджень у всіх вище зазначених генетико-селекційних напрямках та зменшують їхню ефективність. У зв'язку з цим, генетико-селекційне оцінювання лісових популяцій з метою підвищення комплексної продуктивності і біотичної стійкості лісів, а також проблема відбору дерев зі спадково закріпленими господарсько цінними властивостями є вельми актуальними. Проте, генетична структура лісових насаджень в Україні на сьогодні вивчена дуже слабо. Відсутні банки даних для ідентифікації генотипів у

популяціях, на лісонасінних ділянках і плантаціях, не складені генетичні карти плюсових та елітних дерев. Тому основним завданням лісової генетики в Україні є впровадження у практику ведення лісового господарства ефективних методів отримання об'єктивної інформації про генетичну різноманітність деревних рослин на основі як традиційних, так і новітніх підходів до їхньої селекційної оцінки.

Традиційні способи ідентифікації дерев (*Traditional methods of identification of trees*). До недавнього часу дослідники для генетико-селекційної оцінки лісових популяцій, вивчення закономірностей мінливості та успадкування властивостей ростучих у них деревних видів використовували, зазвичай, кількісні ознаки реалізації генотипу в конкретних умовах середовища. Зокрема, для відбору дерев на інтенсивність росту (основний напрям генетико-селекційних робіт у лісовому господарстві) запропоновано різноманітні морфолого-анатомічні, фізіологічні та біохімічні показники.

Найбільшу кількість робіт присвячено зв'язку між інтенсивністю росту і різноманітними морфолого-анатомічними ознаками. Здійснюючи відбір за фенотипом, до швидкорослих відносять дерева з високим приростом за висотою і діаметром, добрим самоочищенням від гілок, прямим повнодеревним стовбуром, підвищеною стійкістю до хвороб (Молотков и др., 1982; Liu et al., 2022). Значну увагу під час відбору більшість дослідників надає формі крони. При цьому одні з них вважають найпродуктивнішою вузькокронну форму дерев (West, Sessions, & Strimbu, 2022), інші – ширококронну (Яцьк, 1981), що, очевидно, значною мірою залежить від лісорослинних умов. Вузькокронна форма частіше трапляється в насадженнях, які ростуть у північних широтах і горах, ширококронна – приурочена до сприятливіших лісорослинних умов. Водночас, у будь-якій лісовій популяції, незалежно від її географічного розташування, можна знайти поодинокі екземпляри дерев, різко відмінних за формою крони. Низка дослідників вважають цю ознаку спадковою, причому добре помітну вже на ранній стадії розвитку дерев (Lindquist, 1948; Мажула, 2005).

В. М. Роне (1978) генетично зумовленим показником продуктивності дерев вважав тривалість і темпи росту впродовж вегетаційного періоду. Швидкорослі екземпляри, зазвичай, характеризуються більшою тривалістю та енергією ростових процесів. На діагностичне значення тривалості росту вказує також С. Ehrenberg (1975). У науковій літературі відзначено значну кореляцію інтенсивності росту дерев з довжиною хвої (Пашкевич, 2005; Salazar, 1983), з кількістю хвоїнок на пагоні і в пучку (Шлапак, Макарянська, Шлапак, 2011), з кількістю сім'ядолей, розмірами бруньок у верхній мутівці (Kozłowski, Torgie, & Marchall, 1972).

Низка робіт присвячена вивченню кореляційного зв'язку між інтенсивністю росту насінного потомства і масою насіння материнських дерев (Spurr, 1944; Kandyu, 1978; Basada, 1979). Одні автори

вважають, що такий зв'язок існує і цей показник можна використовувати для ранньої діагностики швидкості росту рослин, інші такої залежності не встановили.

Н. В. Кречетова (1980), вивчаючи ріст потомства кедра корейського, встановила, що надійними діагностичними ознаками спадкових властивостей швидкорослих рослин є значна площа поверхні хвої і коріння, наявність на коренях рясної мікоризи. Для ялини європейської, за літературними даними, показниками швидкості росту певною мірою можуть бути тип галузження і охвоєність пагонів, будова насінної луски (Ромедер, Шенбах, 1962; Ehrenberg, 1975); для сосни звичайної – колір насіння, кількість утворених вершинних бруньок, кут відходження гілок, будова і товщина грубої корки, очищеність стовбура від сучків; для берези повислої – характер тріщинуватості кори.

Проте генетико-селекційна оцінка дерев за морфолого-анатомічними ознаками часто виявляється неефективною. Зокрема, у дослідях Е. Л. Березіна (1981) плюсові дерева ялини, відібрані за фенотипом, показали більш низький рівень у передачі потомству високої енергії росту, ніж нормальні і навіть мінусові. Із загальної кількості потомств, які характеризуються пришивдшеним ростом, лише 18% було отримано від плюсових дерев, тоді як 50,6% – від нормальних і 31,4% – від мінусових дерев. Подібні дані для ялини європейської отримані також І. Е. Етверком (1981). В середньому, генетико-селекційна оцінка дерев за морфолого-анатомічними показниками, як свідчить значний експериментальний матеріал, нагромаджений в Україні і за кордоном, лише на 20-30% забезпечує вибір кращого генотипу (Заїка, 1995; Криницький, Заїка, Гут, 2006; Терещенко, 2006; Susilowati, Iswanto, Wahyudi, Supriyanto, & Siregar, 2016).

Низька ефективність оцінювання дерев за фенотипом є результатом їхньої високої модифікаційної мінливості в процесі онтогенезу. Кількісні морфолого-анатомічні показники, які мають полігенну природу і зумовлені великою кількістю взаємодіючих генів, надзвичайно варіабельні, тісно корелюють з напруженістю зовнішніх чинників. Характер їх прояву значною мірою формується під впливом умов середовища.

У зв'язку з цим, для успішного здійснення селекційного процесу в лісовому господарстві у 70-х роках ХХ ст. отримали розвиток надійніші, ніж морфолого-анатомічні, критерії оцінки генотипів і генетичної структури лісових популяцій, зокрема, *фізіолого-біохімічні показники*. Низкою дослідників показано значну роль нуклеїнових кислот у процесах росту і зв'язку між їхнім вмістом та інтенсивністю прояву ростових функцій рослин (Пастернак, Самсонова, 1971). Встановлено також відмінності у нуклеїновому обміні дерев, що характеризуються різною інтенсивністю росту (Пастернак, Самсонова, 1971; Яцьк, 1981). Зазвичай, вищий вміст нуклеїнових кислот характерний для швидкорослих екземплярів деревних рослин. Причому,

діагностичною ознакою швидкості росту (Пастернак, Самсонова, 1971), може бути лише РНК. За кількістю ДНК швидко- і повільнорослі рослини близькі між собою. У швидкорослих дерев, порівняно з повільнорослими, спостережено також вищий рівень співвідношення РНК / ДНК (Пастернак, Самсонова, 1971; Яцьк, 1981).

Швидко- і повільнорослі деревні рослини відрізняються і за іншими біохімічними показниками. А. С. Самсонова, Г. М. Пастернак (1971) відзначали, що внутрішні процеси підготовки ростової діяльності, які проявляються в мобілізації стимуляторів росту, в бруньках дерев ялини з високою енергією росту починаються раніше, ніж з низькою. Виявлено певну кореляцію росту деревних рослин з вмістом білкового азоту (Мольченко, Юхимчук, Яцьк, 1980), активністю каталази, пероксидази, поліфенолксидази (Малюгин, 1970; Яцьк, 1981; Zolfaghari, Korori, & Etemad, 2005), особливостями мобілізації фітогормонів для здійснення ростової функції (Самсонова, Пастернак, 1971; Кречетова, 1980), поглинанням і нагромадженням у вегетативних органах мінеральних елементів (Fober, & Giertych, 1971; Mangalis, 1974). В літературі є відомості про генетичну зумовленість нагромадження хлорофілів і співвідношення їхніх форм (Криницький, 1993; Тарнопільська, 2008; Li et al., 2018), вмісту абсцизової кислоти і гіберелінів (Larque-Saaverds, & Weing, 1976).

У низці робіт встановлено кореляційну залежність енергії росту дерев від інтенсивності фотосинтезу і дихання, а також від їхнього співвідношення (Луукканен, 1972; Botkin, 1969; Song, & Jin, 2023). Перспективним для селекції деревних рослин на продуктивність є вивчення світлового дихання, пропонується також використовувати для відбору швидкорослих дерев вуглекислотний компенсаційний пункт (Луукканен, 1972). Dietze et al. (2013) вважають, що одним із індикаторів селекції на швидкість росту у висоту може бути вміст крохмалю в період крохмального максимуму у тканинах дерева.

В останні два десятиліття минулого століття отримано дані, які свідчать про можливість використання для генетико-селекційної оцінки насаджень електрофізіологічних характеристик: величини і характеру динаміки біопотенціалів, біоелектричних реакцій на дозовані подразнення, імпедансу і поляризаційної ємності (Шеверножук, Букша, 1977; Криницький, 1990, 1992, 1993).

Водночас у зв'язку з тим, що фізіолого-біохімічні процеси, як і морфолого-анатомічні показники у деревних рослин значною мірою детерміновані напруженістю чинників зовнішнього середовища, низка дослідників для генетико-селекційної оцінки деревних рослин пропонують використовувати не один якийсь показник або групу ідентичних показників, а комплекс ознак, які характеризують різноманітні сторони життєдіяльності рослин (Роне, 1978). Такий підхід, безумовно, підвищує ефективність оцінки генотипів і вивчення генетико-

селекційної структури лісових популяцій, але все ж таки він, унаслідок полігенної природи і високої модифікаційної мінливості морфолого-анатомічних і фізіолого-біохімічних показників дерев, недостатній і дуже трудомісткий.

Нетрадиційні підходи до селекційної оцінки деревних рослин (*Non-traditional approaches to the breeding assessment of tree plants*). Нові перспективи для вирішення генетико-селекційних проблем відкриває використання генетичних маркерів, запропонованих біохімічною генетикою. Порівняно з морфолого-анатомічними показниками, вони дають можливість швидше і надійніше ідентифікувати генотипи, дають змогу ефективніше здійснювати генетичну оцінку популяцій, лісонасінних плантацій та інших селекційних об'єктів (Prus-Głowacki, 1991; Ennos, 1994; Ennos, Worrell, & Malcolm, 1998).

Одними із генетичних маркерів, які широко використовують у генетико-селекційних дослідженнях лісових популяцій, є показники вмісту терпенових вуглеводнів (Hiltunen, 1976; Гут, Криницький, 1989; Криницький, Гут, 1995; Заїка, Криницький, 2004). Показано, що їх біосинтез знаходиться під прямим контролем одиничних генів (Hiltunen, 1976), а якісний склад не змінюється впродовж онтогенезу, не залежить від умов середовища і віку дерев та є ідентичним у різних органах дерев (Полтавченко, Ткач Т. Н., Ткач В. С., Рудаков, 1968). Склад терпенових вуглеводнів використовували для вивчення генетичної структури популяцій хвойних видів деревних рослин, відбору дерев високої інтенсивності росту та виявлення особливостей успадкування потомством господарсько цінних ознак материнських дерев (Ромедер, Шенбах, 1962; Hiltunen, 1976).

Наприкінці 70-х років ХХ ст., коли було повністю завершено формування генетичної концепції ізоферментів, основним методом аналізу генетичного поліморфізму у різних галузях біології та медицини став ізоферментний аналіз. Ферменти є безпосередніми продуктами функціональної активності генів і, таким чином, є елементарними їхніми біохімічними маркерами. Ізоферменти – це множинні молекулярні форми одного й того ж фермента. Алельні ізоферменти або алозими визначаються різними алелями одного генного локусу. Завдяки унікальній можливості швидкого отримання кількісної інформації про частоти алелей і генотипів та гетерозиготність окремих дерев, ступінь генетичних відмінностей між популяціями і видами, алозимний аналіз став активно використовуватись у популяційній генетиці для дослідження генетичної мінливості природних популяцій і видів, зокрема лісових деревних рослин (Cheliak, & Pitel, 1985; Hamrick, & Godt, 1989; Вишны і др., 1995).

На початку 1980-х рр. основним об'єктом генетичних досліджень на основі алозимного аналізу стали хвойні види, важливою репродуктивною особливістю яких є наявність гаплоїдної тканини мегагаметофіта у насініні, що дає можливість виокремлювати материнський і батьківський внески в генотипах потомків від вільного запилен-

ня (Giannini, Morgante, & Vendramin, 1991; Slavov, & Zhelev, 2004). У межах України генетична структура популяції сосни звичайної, яка росте в різних природно-кліматичних зонах, була вивчена І.І. Коршиковим з співавторами за десятима ферментними системами (Коршиков, Калафат, 2004; Коршиков, Калафат, Пирко, Великоридько, 2001, 2005; Korshikov, Pirko, Mudrik, & Pirko, 2007). Було встановлено, що 76,5% генів у популяціях сосни звичайної є поліморфними. При цьому найменшим ступенем поліморфізму характеризуються реліктові популяції Українських Карпат, а найбільшим – популяції Лісостепової зони. Ширший ареал сосни звичайної охоплено в роботах Г.Г. Гончаренка та ін. (Гончаренко, Силин, Падутов, 1993; Гончаренко, Силин, 1997). Для дослідження популяції сосни звичайної у Прибалтиці, Білорусі, Україні, Європейській частині Росії і Західному Сибіру використано 11 ферментних систем. Автори встановили високий поліморфізм сосни звичайної, який спостерігався більш ніж у 85% генів. Дані за генетичними відстанями, розраховані за частотами паралелей проаналізованих алозимних локусів, свідчили про відсутність відмінностей між популяціями за географічним принципом, а тому зроблено висновок про наявність єдиного генофонду сосни звичайної у досліджуваній частині ареалу.

Успішне впровадження у лісову генетику методу алозимного аналізу дало можливість дослідникам отримати якісно нову інформацію про генетичну різноманітність лісових деревних рослин та успішно вирішувати завдання щодо:

- ідентифікації генотипів у популяціях, клонів і сортів деревних рослин;
- вивчення генетичної структури популяцій, ступеня їхньої диференціації і підпорядкування;
- встановлення рівнів внутрішньої і міжпопуляційної генетичної мінливості та виділення внутрішньовидових таксонів;
- вивчення особливостей запилення та інтенсивності інбредних процесів на лісонасінних плантаціях і в штучно створених насадженнях;
- виявлення генетичних змін у популяціях, які відбуваються у зв'язку з онтогенезом дерев, антропогенною діяльністю і поступовою трансформацією природних чинників середовища;
- розроблення методів ранньої діагностики господарсько цінних властивостей дерев, стійких до несприятливих зовнішніх впливів (ентомошкідників, фітохвороб, екстремальних впливів кліматичних чинників тощо);
- оцінки ступеня генетичної детермінації ознаки, пошуку генів, які контролюють окремі властивості дерев;
- виявлення інтенсивності мутаційного тиску та активності генів в онтогенезі;
- підбору екземплярів дерев для гетерозисної селекції, вивчення процесів природної гібридизації та інтрогресії генів тощо.

На сьогодні нагромаджено значний матеріал щодо генетичної структури, рівнів внутрішньо- і

міжпопуляційної мінливості, ступеня генетичної диференціації популяцій в межах ареалів основних лісотвірних видів хвойних: сосни звичайної (Гончаренко, Силин, 1997; Коршиков, Калафат, Пирко, Великоридько, 2001, 2005), кедрових сосен (Pirko, Korshikov, 2001), ялини європейської (Giannini, Morgante & Vendramin, 1991) та модрин європейської і сибірської (Lewandowski, 1997).

Незважаючи на невисоку роздільну здатність алозимного аналізу щодо олігомерних форм ферментів та інші до кінця не вирішені проблеми, цей метод тривалий час залишався основним інструментом для вивчення генетичної різноманітності і структури популяцій лісових деревних рослин (Wheeler, Steiner, Schlarbaum, & Neale, 2015).

Стрімкий розвиток методів молекулярної біології і генетики в останні 25 років сприяв потужному сплеску досліджень, спрямованих на вивчення генетичної мінливості на рівні ДНК. Молекулярні маркери, або ДНК-маркери, є третім поколінням генетичних маркерів. Оскільки ці маркери відносяться до самої молекули ДНК, то вони вважаються об'єктивними показниками величини мінливості. Беззаперечною перевагою цих маркерів є те, що вони не залежать від впливів навколишнього середовища, фізіологічного стану та етапу онтогенезу рослин, і, основне, ці маркери можуть виявити практично необмежену кількість поліморфізмів у ядерній та цитоплазматичній ДНК (Tanksley, 1983; Cervera, Plomion, & Malpica, 2000; Porth, & El-Kassaby, 2014). Поліморфізм ДНК може бути виявлений за допомогою гібридизації з відомими нуклеотидними послідовностями, секвенуванням нуклеотидної послідовності, порівняння довжини фрагментів, отриманих за допомогою полімеразної ланцюгової реакції (ПЛР) та у результаті обробки ДНК ендонуклеазами рестрикції.

Молекулярні маркери, відповідно до методу аналізу, поділяють на три групи: блот-гібридизація (RFLP) (Beckmann, & Soller, 1983); ПЛР (AFLP, CAPS, ISSR, RAPD, SSR, STS та інші) (Konieczny, & Ausubel, 1993; Williams, Hanafey, Rafalski, & Tingey 1993; Powell, Machray, & Provan, 1996; Гут, Новаковська, 2004; Mba, & Tohme, 2005; Wolfe, 2005) і ДНК-чіпи (DArT, SNP) (Seidel, 2010; Charmet, & Storlie, 2012). В останні 15 років для аналізу поліморфізму ДНК все частіше використовують метод прямого секвенування геному або його окремих ділянок (Kersten et al., 2022).

ДНК-маркери можуть бути використані для складання молекулярних карт хромосом і геномів та картування на них генів і локусів кількісних ознак (QTL); у порівняльній генетиці та геноміці; молекулярній паспортизації сортів / порід; геномній селекції; діагностиці захворювань; в екологічному моніторингу; дослідженні генетичного різноманіття; філогенетичних дослідженнях; популяційній генетиці (Habier, Fernando, & Dekkers, 2009).

Найчастіше у популяційно-генетичних дослідженнях лісових деревних рослин, зокрема хвой-

них, використовують маркери ядерних і цитоплазматичних геномів. Різний тип успадкування та суттєві відмінності в рівнях мінливості цих маркерів дають змогу вирішити широкий спектр завдань популяційної генетики та в цілому біології хвойних. Вони можуть успішно використовуватись як для оцінки рівнів генетичного різноманіття, так і для вивчення філогенетичних зв'язків, питань систематики, популяційної структури, систем схрещування, потоку генів, визначення батьків певного потомства, ідентифікації генів у групах щеплення (Savolainen, & Karhu, 2000; Wang, & Szmidt, 2001).

В Україні використання ДНК-маркерів у генетичних дослідженнях лісових деревних видів ще донедавна не було таким поширеним явищем, як за кордоном, проте в останні роки цей напрям став активно розвиватись. Так, на кафедрі лісівництва НЛТУ України створено методичну базу для генетичного аналізу деревних порід із використанням AFLP, RAPD, ISSR, ILP, cpSSR і mtSSR (Гут, Радченко, Криницький, 2003; Ковальчик, Гут, 2004). Науковцями лабораторії молекулярно-генетичних маркерів деревних рослин встановлено філогенетичні зв'язки між видами родини Fagaceae, з'ясовано таксономічну позицію *Fagus sylvatica* L. та *Fagus orientalis* Lypsky (Гут, Радченко, Криницький, 2004). За допомогою мікросателітного аналізу хлоропластної і мітохондріальної ДНК (cpSSR) вивчено генетичну структуру гірських і рівнинних ценопопуляцій сосни звичайної у західному регіоні України. Встановлено, що навіть невеликі за площею природні ценопопуляції сосни звичайної реліктової мають високий рівень генетичної мінливості. Вивчено гаплотичну структуру півсїбсових потомств різних років репродукції і виявлено високу зумовленість показників росту півсїбсових родин генетичною структурою материнських дерев (Гут, 2009). Використання ILP-маркерів, створених на основі генів дефензинів, для маркування дерев сосни звичайної у деревостані, ураженому кореневою губкою, виявило відмінності у структурі стійких і сприйнятливих до хворіб генотипів (Ковальова, Юсипович, Шаловило, 2018). За допомогою мікросателітів ядерної ДНК вивчено популяційно-генетичну мінливість ялини європейської в Українських Карпатах. Встановлено, що усі обстежені популяції походять з одного історичного рефугіуму та характеризуються високою внутрішньо-популяційною і низькою міжпопуляційною мінливістю.

В останнє десятиріччя бурхливо розвивається новий науковий напрям генетичних досліджень – геноміка, основою якої є високопродуктивні технології нового покоління секвенування NGS, які дали можливість масової реалізації програм секвенування повного геному організмів. До останніх досягнень в області лісової геноміки відносять повногеномне секвенування, збірку і анотування гігантських геномів *Picea abies* (L.) Karst., *Picea glauca* (Moench) Voss, *Pinus taeda* L., *Pinus sylvestris* L., *Larix sibirica* Ledeb, *Pinus sibirica* Du Tour та інших

видів хвойних (Birol et al., 2013; Nystedt et al., 2013; Zimin et al., 2014; Bondar et al. 2022). Повне секвенування, збірка і анотація геному хвойних дають можливість зрозуміти еволюцію цього гігантського геному, розмір якого, наприклад, у сосни звичайної у сім разів перевищує геном людини. Геномні дослідження дають змогу отримати важливу інформацію і розробити високоінформативні молекулярно-генетичні маркери, такі як мікросателіти і однонуклеотидні поліморфізми (SNPs), які можуть бути ефективно використані для вивчення генетичної мінливості хвойних лісів, їх адаптації до зміни клімату і для створення селекційних і природоохоронних програм (Plomion et al., 2016). У деревних видів геномний аналіз дав можливість виявити зв'язки між алельною генетичною мінливістю і мінливістю важливих адаптивних і селекційно-цінних фенотипічних ознак, таких як швидкість росту, якість деревини, стійкість до захворювань, замерзання, посухи (González-Martínez, Krutovsky, & Neale, 2006; Eckert et al., 2009; Chhatre et al., 2013).

Висновки (Conclusions). У розвитку генетико-селекційних робіт у лісових фітоценозах України сформувалися чотири напрями досліджень: географічний; фенотипічний; генетико-популяційний; морфолого-фізіологічний. На основі традиційних способів ідентифікації генотипів деревних рослин (морфолого-анатомічних, фізіологічних та біохімічних) у всіх цих напрямках досягнуті вагомі результати. Однак генетико-селекційна оцінка лісових популяцій, відбір дерев із спадково закріпленими господарсько цінними властивостями залишається актуальною. Генетична структура лісостанів вивчена дуже слабо, відсутні банки даних щодо ідентифікації генотипів у лісових насадженнях, генетичні карти плюсових та елітних дерев тощо.

Нові перспективи для розвитку генетичних досліджень і вирішення генетико-селекційних проблем відкриває використання генетичних маркерів, які створюють нові можливості у лісовій селекції, цілком необхідні для її майбутнього розвитку і підвищення ефективності. Разом із цим, багато проблем лісової селекції не може бути вирішено на генетико-молекулярному рівні. Поряд з методами біохімічної генетики, а також традиційними способами досліджень, необхідні нові підходи до вирішення генетико-селекційних задач у лісовому господарстві, які враховують тривалість онтогенезу дерев, вікові зміни в їхньому розвитку, механізми реалізації генотипу в конкретних умовах середовища.

Надзвичайно важливими задачами лісової селекції є оцінка взаємодії в системі «генотип – середовище» і врахування ценотичних донорно-акцепторних зв'язків між індивідуумами у зімкнутих лісостанах. У багатоступінчастому і досить таки тривалому селекційному процесі в лісі необхідне проведення генетико-селекційних досліджень не лише на рівні генетико-молекулярних структур, але й на рівні рослини, а також на рівні ценозу як єдиного часово-просторового утворення.

ня, яке здатне ефективно і масштабно здійснювати продукційну функцію.

Вирішення цих комплексних задач лісової генетики і селекції можливе в рамках морфолого-фізіологічного напрямку, який передбачає використання системи генетико-селекційних маркерів. Дослідженнями встановлено, що в цю систему доцільно включити: фізіолого-біохімічні показники, які відображають загальний рівень обміну речовин і життєдіяльності рослин – біопотенціали, біоелектричні реакції на дозовані зовнішні подразники, імпеданс, поляризаційну сміть; фізіолого-біохімічні параметри, які визначають продукційний процес – фотосинтез, темнове дихання, фотодихання, вміст пігментів; молекулярно-генетичні категорії – різні типи ДНК-маркерів, ізоферменти, терпени, алкалоїди.

Як додаткові критерії варто використовувати морфолого-анатомічні показники листового апарату, біометричні параметри, а також інші фізіолого-біохімічні ознаки дерев.

Список літератури (References)

- Білоус, В.І. (2003). *Лісова селекція*. Умань: Уманське видавничо-поліграфічне підприємство [Bilous, V.I. (2003). *Forest selection*. Uman: Uman publishing and printing enterprise] (in Ukrainian)
- Вишны, Й., Швадчак, И., Комрс, Б., Гемери, Д., Пауле, Л. (1995). Генетическое разнообразие и дифференциация популяций бука на Украине: Украинские Карпаты и прилегающие территории. *Генетика*, 31(11), 1540-1551 [Vishny, J., Schwadchak, I., Komrs, B., Gemeri, D., & Paule, L. (1995). Genetic diversity and differentiation of beech populations in Ukraine: the Ukrainian Carpathians and adjacent territories. *Genetics*, 31(11), 1540-1551] (in Russian)
- Голубець, М.А. (1997). *Плівка життя*. Львів: Поллі [Golubets, M.A. (1997). *Film of life*. Lviv: Polly] (in Ukrainian)
- Голубець М.А. (2003). Екологічний потенціал наземних екосистем. Львів: Поллі [Golubets M.A. (2003). Ecological potential of terrestrial ecosystems. Lviv: Polly] (in Ukrainian)
- Гончаренко, Г.Г., Силин, А.Е. (1997). *Популяционная и эволюционная генетика сосен Восточной Европы и Сибири*. Минск: Технология [Goncharenko, G.G., & Silin, A.E. (1997). *Population and evolutionary genetics of pines of Eastern Europe and Siberia*. Minsk: Technology] (in Russian)
- Гончаренко, Г.Г., Силин, А.Е., Падутов, В.Е. (1993). Исследование генетической структуры и уровня дифференциации у *Pinus sylvestris* L. в центральных и краевых популяциях Восточной Европы и Сибири. *Генетика*, 29(12), 1993-2037 [Goncharenko, G.G., Silin, A.E., & Padutov, V.E. (1993). Study of the genetic structure and level of differentiation in *Pinus sylvestris* L. in the central and marginal populations of Eastern Europe and Siberia. *Genetics*, 29(12), 1993-2037] (in Russian)
- Гут, Р.Т. (2009). *Морфогенетична мінливість та біохімічні механізми стійкості сосни звичайної у ценопопуляціях Заходу України*: автореф. дис. ... д-ра біолог. наук: 06.03.03. Львів, НЛТУ України [Gout, R.T. (2009). *Morphogenetic variability and biochemical mechanisms of Scots pine resistance in coenopopulations of Western Ukraine* (Doctoral dissertation, Ukrainian National Forestry University, Lviv, Ukraine). Retrieved from http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe] (in Ukrainian)
- Гут, Р.Т., Криницький, Г.Т. (1989). Химический состав монотерпенов как показатель географической изменчивости сосны обыкновенной. *Лесной журнал*, 3, 85-88 [Gout, R.T., & Krinitsky, H.T. (1989). The chemical composition of monoterpenes as an indicator of the geographical variability of Scotch pine. *Forest Journal*, 3, 85-88] (in Russian)
- Гут, Р.Т., Новаковська, Ю. (2004). Використання ген-специфічних STS-маркерів для дослідження генетичного поліморфізму популяцій хвойних видів рослин. *Науковий вісник УкрДЛТУ: Стан і тенденції розвитку лісівничої освіти, науки та лісового господарства в Україні*, 14(5), 45-53 [Gout, R.T., & Novakovska, Yu. (2004). The use of gene-specific STS-markers for the study of genetic polymorphism of populations of coniferous plant species. *Scientific Bulletin of Ukrainian State Forestry University: The State and Development Trends of Forestry Education, Science and Forestry in Ukraine*, 14(5), 45-53 Retrieved from https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2004/14_5/index14_5.htm] (in Ukrainian)
- Гут, Р.Т., Радченко, М.В., Криницький, Г.Т. (2003). Молекулярно-генетичні маркери та їх використання у лісовому господарстві. *Лісівництво і агролісомеліорація*, 10(4), 58-67 [Gout, R.T., Radchenko, M.V., & Krynytskyi, G.T. (2003). Molecular genetic markers and their use in forestry. *Forestry and Forest Melioration*, 10(4), 58-67] (in Ukrainian)
- Гут, Р.Т., Радченко, М.В., Криницький, Г.Т. (2004). Використання ISSR-маркерів для встановлення конвергентних еволюційних зв'язків роду *Fagus*. *Цитология и генетика*, 38(3), 60-65 [Gout, R.T., Radchenko, M.V., & Krynytskyi, G.T. (2004). The use of ISSR markers to establish convergent evolutionary relationships of the genus *Fagus*. *Cytology and Genetics*, 38(3), 60-65. Retrieved from <https://cytgen.com/ru/2004/60-65N3V38.htm>] (in Ukrainian)
- Заїка, В.К. (1995). *Селекційно-екологічні особливості формування півсібсових потомств сосни звичайної в умовах Львівського Розточчя*: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.03.01. Львів, НЛТУ України [Zaika, V.K. (1995). *Selection and ecological features of the formation of half-sib offspring of Scots pine in the conditions of the Lviv Roztochia*: Doctoral dissertation, Ukrainian National Forestry University, Lviv, Ukraine). Retrieved from http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=S&I21DBN=EC&P21DBN=ARD&S21FMT=JwU B&S21ALL=%28%3C.%3EU%3D%D0%9F381.131S%3C.%3E%29&

- FT_REQUEST=&FT_PREFIX=&Z2IID=&S21STN=1 &S21REF=10&S21CNR=20] (in Ukrainian)
- Заїка, В. К., Криницький, Г. Т. (2004). Біосинтез терпенових вуглеводнів деревами сосни звичайної в умовах радіаційного впливу. *Науковий вісник НЛТУ України*, 14(7), 9-13 [Zaika, V.K., & Krynytskyu, H.T. (2004). Biosynthesis of terpene hydrocarbons by Scots pine trees under conditions of radiation exposure. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 14(7), 9-12. Retrieved from https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2004/14_7/index14_7.htm] (in Ukrainian)
- Ковальова, В. А., Юсипович, Ю. М., Шаловило, Ю. І., Груник, Н. І., Гут, Р. Т. (2018). Диференціація генотипів сосни звичайної за поліморфізмом довжини інтронів генів дефензинів. *Науковий вісник НЛТУ України*, 28(8), 40-44 [Kovalova, V.A., Yusyrovych, Y.M., Shalovilo, Y.I., Grunyk, N.I., & Gout, R.T. (2018). Differentiation of scots pine genotypes by intron length polymorphism of defensin genes. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 28(8), 40-44. <https://doi.org/10.15421/40280808>] (in Ukrainian)
- Ковальчик, Я., Гут, Р. Т. (2004). Особливості селекційної оцінки півсібсових потомств сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.). *Науковий вісник УкрДЛТУ*, 14(7), 13-21 [Kovalchuk, Ya., & Gout, R.T. (2004). Peculiarities of selection evaluation of half-sib offspring of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). *Scientific Bulletin of Ukrainian State Forestry University*, 14(7), 13-21. Retrieved from https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2004/14_7/index14_7.htm] (in Ukrainian)
- Конвенція про біологічне різноманіття П'ятий національний звіт України. (2015). Київ: Міністерство екології та природних ресурсів України [Convention on Biological Diversity Fifth National Report of Ukraine (2015). Kyiv: Ministry of Ecology and Natural Resources of Ukraine. Retrieved from <https://www.cbd.int/doc/world/ua/ua-nr-05-uk.pdf>] (in Ukrainian)
- Коршиков, И. И., Калафат, Л. А. (2004). Сравнительное изучение аллозимного полиморфизма в группах деревьев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) с разной семенной продуктивностью. *Цитология и генетика*, 2, 9-14 [Korshikov, I.I., & Kalafat, L.A. (2004). Comparative study of allozyme polymorphism in groups of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) trees with different seed productivity. *Cytology and Genetics*, 2, 9-14] (in Russian)
- Коршиков, И. И., Калафат, Л. А., Пирко, Я. В., Великоридько, Т. И. (2001). Генетическая дифференциация *Pinus sylvestris* L. в разных геоботанических районах Украины. *Доповіди Національної академії наук України*, 4, 179-182 [Korshikov, I.I., Kalafat, L.A., Pirko, Ya.V., & Velikoridko, T.I. (2001). Genetic differentiation of *Pinus sylvestris* L. in different geobotanical regions of Ukraine. *Reports of the National Academy of Sciences of Ukraine*, 4, 179-182. Retrieved from <http://www.irbis-nbuv.gov.ua/publ/REF-0000476740>] (in Russian)
- Коршиков, И. И., Калафат, Л. А., Пирко, Я. В., Великоридько, Т. И. (2005). Популяционно-генетическая изменчивость сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в основных лесорастительных районах Украины. *Генетика*, 41(2), 216-228 [Korshikov, I.I., Kalafat, L.A., Pirko, Ya.V., & Velikoridko, T.I. (2005). Population-genetic variability of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in the main forest regions of Ukraine. *Genetics*, 41(2), 216-228] (in Ukrainian)
- Кречетова, Н. В. (1980). К вопросу о ранней диагностике наследственных свойств потомства кедр корейского. В кн.: *Лесная геоботаника и биология древесных растений*. Тула, 55-58 [Krechetova, N.V. (1980). Regarding the issue of early diagnosis of the hereditary properties of the offspring of the Korean pine. In: *Forest geobotany and biology of woody plants*. Tula, 55-58] (in Russian)
- Криницький, Г. Т. (1990). *Биоэлектрический метод определения жизнеспособности древесных растений на начальных этапах онтогенеза*. Препринт № 85. Баку: НПО космических исследований [Крынытський, Н. Т. (1990). *Bioelectric method for determining the vitality of woody plants at the initial stages of ontogenesis*. Preprint No. 85. Baku: Space Research NGO] (in Russian)
- Криницький, Г. Т. (1992). Про методику використання електрофізіологічних показників для визначення життєздатності деревних рослин. *Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість*, 23, 3-10 [Крынытський, Н. Т. (1992). About the method of using electrophysiological indicators to determine the viability of woody plants. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 23, 3-10] (in Ukrainian)
- Криницький, Г. Т. (1993). *Морфологические основы селекции древесных растений*: автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 026.03.01, 03.00.12. Киев, Национальный аграрный университет [Крынытський, Н. Т. (1993). *Morphophysiological bases of woody plant breeding* (Doctoral dissertation, National Agrarian University, Kyiv, Ukraine. Retrieved from <https://earthpapers.net/morfofiziologicheskie-osnovy-selekttsii-drevesnyh-rasteniy>] (in Russian)
- Криницький, Г. Т. (1993). Пігментний фонд пластид хвої сосни звичайної в умовах заходу України. *Технологічна кібернетика: зб. праць Інституту технологічної кібернетики України*, 4, 111-128 [Крынытський, Н. Т. (1993). The pigment fund of Scots pine needle plastids in western Ukraine. *Technological cybernetics: collection of works of the Institute of technological cybernetics of Ukraine*, 4, 111-128] (in Ukrainian)
- Криницький, Г. Т. (1999). Теоретичні аспекти розвитку морфологічного напрямку в лісовій селекції. *Науковий вісник УкрДЛТУ: Лісівничі дослідження в Україні*, 9(10), 6-12 [Крынытський, Н. Т. (1999). Theoretical aspects of the development of the morphophysiological direction in forest breeding. *Scientific Bulletin of Ukrainian State Forestry University*, 9(10), 6-12] (in Ukrainian)
- Криницький, Г. Т., Гут, Р. Т. (1995). *Терпеноїди як фізіологічні тести спадкової основи хвойних*.

- Препринт. Київ: Інститут системних досліджень України [Krynytskyu, H. T., & Gout, R. T. (1995). *Terpenoids as physiological tests of the hereditary basis of conifers*. Preprint. Kyiv: Institute of Systems Research of Ukraine] (in Ukrainian)
- Криницький, Г. Т., Заїка, В. К., Гут, Р. Т. (2006). Ріст і продуктивність півсібсових потомств сосни звичайної. *Науковий вісник НЛТУ України*, 16(3), 52-58 [Krynytskyu, G. T., Zaika, V. K., & Gout, R. T. (2006). Growth and productivity of semi-sib offspring of Scots pine. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 16(3), 52-58. Retrieved from https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2006/16_3/index.htm] (in Ukrainian)
- Луукканен, О. (1972). Использование измерения фотосинтеза в селекции лесных деревьев. Доклады ученых-участников Международного симпозиума по селекции, генетике и лесному семеноводству хвойных пород. Новосибирск-Пушкино, 134-142 [Luukkanen, O. (1972). The use of photosynthesis measurements in forest tree breeding. Reports of scientists participating in the International Symposium on Breeding, Genetics and Forest Seed Production of Conifers. Novosibirsk-Pushkino, 134-142] (in Russian)
- Мажула, О. С. (2005). Будова крони сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.): спадкова чи екологічно обумовлена ознака. *Лісівництво і агролісомеліорація*, 108, 147-151 [Mazhula, O. S. (2005). The structure of the crown of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.): hereditary or environmentally determined feature. *Forestry and Forest Melioration*, 108, 147-151] (in Ukrainian)
- Малюгин, И. Э. (1970). Активность каталазы в хвое и проводящих корнях у деревьев сосны, отличающихся по темпам роста и развития. В кн.: *Зеленое строительство в степной зоне УССР*. Киев: Урожай, 241-252 [Malyugin, I. E. (1970). Catalase activity in needles and conductive roots of pine trees differing in growth and development rates. In: *Green building in the steppe zone of the Ukrainian SSR* (pp. 241-252). Kyiv: Harvest] (in Russian)
- Молотков, П. И., Патлай, И. Н., Давыдова, Н. И., Щепотьев, Ф. Л., Ирошников А. И., Мосин, В. И. (1982). *Селекция лесных пород*. Москва: Лесная промышленность [Molotkov, P. I., Patlay, I. N., Davydova, N. I., Schepotiev, F. L., Iroshnikov, A. I., & Mosin, V. I. (1982). *Selection of forest species*. Moscow: Timber industry] (in Russian)
- Мольченко, Л. Л., Юхимчук, Г. В., Яцык, Р. М. (1980). Биохимические исследования сосны, ели и пихты в Карпатах. В кн.: *Материалы Всесоюзного совещания по селекции, генетике и семеноводству*. Москва: Наука, 153-155. [Molchenko, L. L., Yukhimchuk, G. V., & Yatsyk, R. M. (1980). Biochemical studies of pine, spruce and fir in the Carpathians. In *Proceedings of the All-Union Conference on Breeding, Genetics and Seed Production* (pp. 153-155). Moscow: Science] (in Russian)
- Пастернак, Г. М., Самсонова, А. Е. (1971). Содержание нуклеиновых кислот в почках ели в связи с различной интенсивностью роста. *Лесоводство и агролесомелиорация*, 26, 16-23 [Pasternak, G. M., & Samsonova, A. E. (1971). The content of nucleic acids in the buds of spruce due to different growth rates. *Forestry and Forest Melioration*, 26, 16-23] (in Russian)
- Патлай, И. М., Криницький, Г. Т., Волосянчук, Р. Т., Лось, С. А., Яцык, Р. М., Журова, П. Т., ... Кузнецова, Т. Л. (2001). Селекция і генетика лісових деревних порід в Україні. В кн.: *Генетика і селекція в Україні на межі тисячоліть* / під ред. В. В. Моргуна. Київ: Логос, 394-410 [Patlay, I. M., Krynytskyu, H. T., Volosyanchuk, R. T., Los, S. A., Yatsyk, P. M., Zhurova, P. T., ... Kuznetsova, T. L. (2001). Breeding and genetics of forest tree species in Ukraine. In V. V. Morgun (Ed.), *Genetics and breeding in Ukraine on the verge of millennia* (pp. 394-410). Kyiv: Logos] (in Ukrainian)
- Пашкевич, Н. А. (2005). Фенотипічна мінливість хвої видів роду *Pinus* L. на території України. *Український ботанічний журнал*, 62(5), 657-665. [Pashkevich, N. A. (2005). Phenotypic variability of the needles of *Pinus* L. species on the territory of Ukraine. *Ukrainian Botanical Journal*, 62(5), 657-665. Retrieved from <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/163441>] (in Ukrainian)
- Полтавченко, Ю. А., Ткач, Т. Н., Ткач, В. С., Рудаков, Г. А. (1968). Динамика распределения монотерпенов в сосне обыкновенной. *Биологические науки*, 10, 71-76 [Poltavchenko, Yu. A., Tkach, T. N., Tkach, V. S., & Rudakov, G. A. (1968). Dynamics of distribution of monoterpenes in Scots pine. *Biological Sciences*, 10, 71-76] (in Russian)
- Ромедер, З., Шенбах, Г. (1962). *Генетика и селекция лесных пород*. Москва: Изд-во сельскохозяйственной лит-ры [Romeder, Z., & Schönbach, G. (1962). *Genetics and selection of forest species*. Moscow: Publishing House of Agricultural Literature] (in Russian)
- Роне, В. М. (1978). Генетический анализ природных популяций. В кн.: *Отбор лесных древесных: теоретические основы и практические методы*. Рига: Зинатне, 5-68 [Rhone, W. M. (1978). Genetic analysis of natural populations. In: *Selection of forest trees: theoretical foundations and practical methods* (pp. 5-68). Riga: Zinatne] (in Russian)
- Самсонова, Е. А., Пастернак, Г. М. (1971). Рост ели обыкновенной и природные регуляторы роста. *Лесоводство и агролесомелиорация*, 26, 23-29 [Samsonova, E. A., & Pasternak, G. M. (1971). Spruce growth and natural growth regulators. *Forestry and Forest Melioration*, 26, 23-29] (in Russian)
- Тарнопільська, О. М. (2008). Особливості росту і формування штучних насаджень сосни звичайної різної густоти в Північному Степу України. *Лісівництво і агролісомеліорація*, 112, 62-70 [Tarnopilska, O. M. (2008). Peculiarities of growth and formation of artificial stands of common pine of different densities in the Northern Steppe of Ukraine. *Forestry and Forest Melioration*, 112, 62-70. Retrieved from <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/16276>] (in Ukrainian)
- Терещенко, Л. І. (2006). *Внутрішньовидова мінливість та успадкування ознак плюсових дерев*

- сосни звичайної у Харківській області: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.03.01. Харків, УкрНДІЛГА [Tereshchenko, L.I. (2006). *Intraspecific variability and sign's inheritance of Pinus sylvestris L. plus trees in Kharkiv region*: Doctoral dissertation, Ukrainian Research Institute of Forestry and Agroforestry, Kharkiv, Ukraine. Retrieved from <http://irbis-nbuv.gov.ua/aref/20081124005103>] (in Ukrainian)
- Шлапак, В.П., Макаринська, С.А., Шлапак, В.В. (2011). Порівняльна характеристика морозостійкості окремих видів роду *Pinus* L. *Науковий вісник НЛТУ України*, 21(1), 18-22 [Shlapak, V.P., Makarynska, S.A., & Shlapak, V.V. (2011). Comparative characteristics of frost resistance of certain species of the genus *Pinus* L. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 21(1), 18-22. Retrieved from https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2011/21_1/index.htm] (in Ukrainian)
- Шеверножук, Р.Г., Букша, Н.П. (1977). Новый метод контроля при отборе высокопродуктивных фенотипов. *Генетика, селекция, семеноводство и интродукция лесных пород*, 4, 25-28 [Shevernozjuk, R.G., & Buksha, N.P. (1977). A new method of control in the selection of highly productive phenotypes. *Genetics, breeding, seed production and introduction of forest species*, 4, 25-28] (in Russian)
- Этвек, И.Э. (1981). Результаты испытания потомств елей одного насаждения. В кн: *Разработка основ систем селекции древесных пород*. Рига: Зинантне, 122-125 [Etwerk, I.E. (1981). The results of testing the offspring of spruces from one plantation. In: *Development of the fundamentals of tree breeding systems* (pp. 122-125). Riga: Zinantne] (in Russian)
- Яцьк, Р.М. (1981). *Биологические основы элитного семеноводства сосны обыкновенной реликтового происхождения в Украинских Карпатах*: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 06.03.01. Харьков, УкрНИИЛХА [Yatsyk, R.M. (1981). *Biological bases of elite seed production of Scotch pine of relict origin in the Ukrainian Carpathians* (Doctoral dissertation, Ukrainian Research Institute of Forestry and Agroforestry, Kharkiv, Ukraine)] (in Russian)
- Basada, R. M. (1979). Effect of seed size on germination, seedling survival and height growth of white lauan (*Shorea contorta* Vidal). *Silvatrop*, 4(2), 77-80 [Retrieved from <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=PH19800550086>]
- Beckmann, J. S., & Soller, M. (1983). Restriction fragment length polymorphisms in genetic improvement: methodologies, mapping and costs. *Theoretical and Applied Genetics*, 67(1), 35-43. <https://doi.org/10.1007/BF00303919>
- Birol, I., Raymond, A., Jackman, S. D., Pleasance, S., Coore, R., Taylor, G. A. ... Jones, S. (2013). Assembling the 20 Gb white spruce (*Picea glauca*) genome from whole-genome shotgun sequencing data. *Bioinformatics*, 29(12), 1492-1497. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btt178>
- Bondar, E. I., Feranchuk, S. I., Miroshnikova, K. A., Sharov, V. V., Kuzmin, D. A. ... Krutovsky, K. V. (2022). Annotation of Siberian Larch (*Larix sibirica* Ledeb.) nuclear genome-one of the most cold-resistant tree species in the only deciduous GENUS in *Pinaceae*. *Plants*, 11(15), 2062. MDPI AG. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.3390/plants11152062>
- Botkin, D. B. (1969). Prediction of net photosynthesis of trees from light intensity and temperature. *Ecology*, 50(5), 854-858. <https://doi.org/10.2307/1933699>
- Cheliak, W. M., & Pitel, J. A. (1985). Inheritance and linkage of allozymes in *Larix laricina*. *Silvae Genetica*, 34, 142-148.
- Cervera, M., Plomion, C., & Malpica, C. (2000). Molecular markers and genome mapping in woody plants. *Molecular biology of woody plants*, 1, 375-394. https://doi.org/10.1007/978-94-017-2311-4_15
- Charmet, G., & Storlie, E. (2012). Implementation of genome-wide selection in wheat. *Russian Journal of Genetics: Applied Research*, 2, 298-303. Retrieved from <https://link.springer.com/article/10.1134/S207905971204003X>
- Chhatre, V., Byram, T., Neale, D. B., Wegrzyn, J. L., & Krutovsky, K. V. (2013). Genetic structure and association mapping of adaptive and selective traits in the East Texas loblolly pine (*Pinus taeda* L.) breeding populations. *Tree Genetics and Genomes*, 9(5), 1161-1178. Retrieved from <https://link.springer.com/article/10.1007/s11295-013-0624-x>
- Díaz, S., Settele, J., Brondízio, E. S., Ngo, H. T., Agard, J., Arneth, A. ... Zayas, C. N. (2019). Pervasive human-driven decline of life on Earth points to the need for transformative change. *Science*, 366, 6471. <https://doi.org/10.1126/science.aax3100>
- Dietze, M. C., Sala, A., Carbone, C. I., Czimczik, M. S., Mantooth, J. A., Richardson, A. D., & Vargas, R. (2013). Nonstructural carbon in woody plants. *Annual Review of Plant Biology*, 65, 667-687. <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-050213-040054>
- Eckert, A. J., Bower, A. D., Wegrzyn, J. L., Pande, B., Jermstad, K. D., Krutovsky, K. V. ... Neale, D. B. (2009). Association Genetics of Coastal Douglas Fir (*Pseudotsuga menziesii* var. *menziesii*, Pinaceae). I. Cold-Hardiness Related Traits. *Genetics*, 182, 1289-1302. <https://doi.org/10.1534/genetics.109.102350>
- Ehrenberg, C. (1975). Provenienschhybrider av tall-tn mojlight till okad production. *Rapp. och. uppsats. Inst. Skogsgenet*, 17, 61-80.
- Ennos, R. A. (1994). Estimating the relative rates of pollen and seed migration among plant populations. *Heredity* 72, 250-259. Retrieved from <https://www.nature.com/articles/hdy199435>
- Ennos, R. A., Worrell, R. & Malcolm, D. C. (1998). The genetic management of native species in Scotland. *Forestry*, 71(1), 1-23. <https://doi.org/10.1093/forestry/71.1.1-a>
- Fober, H., & Giertych, M. (1971). Variation among Norway-Spruce of Polish provenances in seedling growth and mineral requirements. *Arboretum kornickie*, 16, 107-120. Retrieved from https://rcin.org.pl/Content/142176/KOR001_146882.pdf

- Giannini, R., Morgante, M., & Vendramin, G.G. (1991). Allozyme variation in Italian populations of *Picea abies* (L.) Karst. *Silvae Genetica*, 40, 160-166. Retrieved from <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=DE92T2754>
- González-Martínez, S.C., Krutovsky, K.V., & Neale, D.B. (2006). Forest tree population genomics and adaptive evolution. *New Phytologist*, 170(2), 227-238. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2006.01686.x>
- Habier, D., & Fernando, R.L., Dekkers, J.C. (2009). Genomic selection using low-density marker panels. *Genetics*, 182(1), 343-353. <https://doi.org/10.1534/genetics.108.100289>
- Hamrick, J.L., & Godt, M.J. (1989). Allozyme diversity in plant species. In: A. H. D. Brown, M. T. Clegg, A.L. Kahler, & B.S. Weir (Eds), *Plant Population Genetics, Breeding and Germplasm Resources* (pp. 43-63). Retrieved from <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19901612624>
- Hiltunen, R. (1976). On variation, inheritance and chemical interrelationships of monoterpenes in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). *Annales academiae Scientiarum Fennicae, series A.IY Biologica Helsinki Snomalainen Fied.*, 47-54. Retrieved from <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201300149325>
- Jin, J., Zhao, X., Liu, H., Wang, S., Song, Z. ... Li, K. (2019). Preliminary study on genetic variation of growth traits and wood properties and superior clones selection of *Populus ussuriensis* Kom. *iForest*, 12, 459-466. <https://doi.org/10.3832/for2991-012>
- Kandya, A.K. (1978). Relationship among seed weight and various growth factors in *Pinus oocarpa* Schiede seedlings. *Indian Forester*, 104(8), 561-566. Retrieved from <https://eurekamag.com/research/000/734/000734335.php>
- Kersten, B., Rellstab, C., Schroeder, H., Brodbeck, S., Fladung, M., Krutovsky, K.V., & Gugerli, F. (2022). The mitochondrial genome sequence of *Abies alba* Mill. reveals a high structural and combinatorial variation. *BMC Genomics*, 23(1), 776. <https://doi.org/10.1186/s12864-022-08993-9>
- Konieczny, A., & Ausubel, F. (1993). Cleaved amplified polymorphic sequences. *Plant*, 4, 403-410.
- Korshikov, I.I., Pirko, N.N., Mudrik, E.A., & Pirko, Ya.V. (2007) Maintenance of Genetic Structure in Progenies of Marginal Mountainous and Steppe Populations of Three Species of Pinaceae Lindl. Family in Ukraine. *Silvae Genetica*. 56(1-6), 1-10. <https://doi.org/10.1515/sg-2007-0001>
- Kozłowski, T.T., Torrie, J.H., & Marchall, P.E. (1972). Predictability of shoot length from bud size in *Pinus resinosa* A. *Canadian Journal of Forest Research*, 3, 34-38.
- Larque-Saaverds, A., & Weing, R.L. (1976). Studies on plant growth-regulating substances. Abscisic acid as a genetic character related to drought tolerance. *Annals of Applied Biology*, 83(2), 291-297. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1976.tb00609.x>
- Lewandowski, A. (1997). Genetic relationships between European and Siberian larch, *Larix* spp. (*Pinaceae*), studied by allozymes. Is the Polish larch a hybrid between these two species? *Plant Systematics and Evolution*, 204(1/2), 65-73. Retrieved from <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00982532>
- Li, Y., He, N., Hou, J., Xu, L., Liu, C., Zhang J. ... Wu, X. (2018). Factors influencing leaf chlorophyll content in natural forests at the biome scale. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 6. <https://doi.org/10.3389/fevo.2018.00064>
- Liu, X.T., Lu, Z.M., Wu, J.G., Yang, Y.C., Li, S.C., Wu, L. (Wu, Lin) ... Zhao, X.Y. (2022). Comparison of genetic impact on growth and wood traits between seedlings and clones from the same plus trees of *Pinus koraiensis*. *Journal of Forestry Research*, 34(1). <https://doi.org/10.1007/s11676-022-01480-7>
- Lindquist, B. (1948). *Genetics in Swedish Forestry Practice*. Svenska Skogsvårdsforeningens forlag. Retrieved from <https://www.journals.uchicago.edu/doi/epdf/10.1086/397407>
- Mangalis, I. (1974). Egles s tadu skuju kimiska sastava akad raksti. *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences*, 75, 3-10.
- Mba, C., & Tohme J. (2005). Use of AFLP markers in surveys of plant diversity. *Methods in Enzymology*, 395, 177-201. [https://doi.org/10.1016/S0076-6879\(05\)95012-X](https://doi.org/10.1016/S0076-6879(05)95012-X)
- Nystedt, B., Street, N.R., Wetterbom, A., Zuccolo, A., Lin, Y.C., Scofield, D.G. ... Jansson, S. (2013). The Norway spruce genome sequence and conifer genome evolution. *Nature*, 497, 579-584. Retrieved from <https://www.nature.com/articles/nature12211>
- Pirko, Ya.V., & Korshikov I.I. (2001) Genetic control of the isoenzymes in cembra pine (*Pinus cembra* L.) of the Ukrainian Carpathian mountains. *Cytology and Genetics*, 35(4), 33-37. Retrieved from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11833336/>
- Plomion, C., Bastien, C., Bogeat-Triboulot, M.B., Bouffier, L., Déjardin, A., Duplessis, S. ... Vacher, C. (2016). Forest tree genomics: 10 achievements from the past 10 years and future prospects. *Annals of Forest Science*, 73, 77-103 <https://doi.org/10.1007/s13595-015-0488-3>
- Porth, I., & El-Kassaby, Y. (2014). Assessment of the Genetic Diversity in Forest Tree Populations Using Molecular Markers. *Diversity*, 6(2), 283-295. <https://doi.org/10.3390/d6020283>
- Powell, W., Machray, G., & Provan, J. (1996). Polymorphism revealed by simple sequence repeats. *Trends in Plant Science*, 1(7), 215-222. [https://doi.org/10.1016/1360-1385\(96\)86898-1](https://doi.org/10.1016/1360-1385(96)86898-1)
- Prus-Glowacki, W. (1991). Chapter 5 – Biochemical polymorphism. M. Giertych (Ed.), *Developments in Plant Genetics and Breeding*, 3, 73-86. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-98724-2.50010-9>
- Salazar, R. (1983). Genetic variation in needles of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. and Golf. from

- natural stands. *Silvae Genetica*, 32, 52-99. Retrieved from https://www.academia.edu/45315818/SEED_AND_SEEDLING_PROVENANCE_VARIATION_UNDER_GREENHOUSE_CONDITIONS_OF_Pinus_caribaea_VAR_hondurensis
- Savolainen, O., & Karhu, A. (2000). Assessment of Biodiversity with Molecular Tools in Forest Trees. *Molecular Biology of Woody Plants*, 395-406. https://doi.org/10.1007/978-94-017-2311-4_16
- Seidel, G.E. (2010). Brief introduction to whole-genome selection in cattle using single nucleotide polymorphisms. *Reproduction, Fertility and Development*, 22(1), 138-44. <https://doi.org/10.1071/RD09220>
- Slavov, G.T., & Zhelev, P. (2004). Allozyme variation, differentiation, and inbreeding in populations of *Pinus mugoin* Bulgaria. *Canadian Journal of Forest Research*, 34, 2611-2617. <https://doi.org/10.1139/x04-127>
- Song, Y., & Jin, G. (2023). Do tree size and tree shade tolerance affect the photosynthetic capacity of broad-leaved tree species? *Plants*, 12(3), 523. <http://dx.doi.org/10.3390/plants12030523>
- Spurr, S.H. (1944). Effect of seed weight and seed origin on the early development of eastern white pine. *Journal of the Arnold Arboretum*, 25(4), 467-480. Retrieved from <https://www.jstor.org/stable/43782443>
- Susilowati, A., Iswanto, F.Y., Wahyudi, I., Supriyanto, & Siregar, I.Z. (2016). Morphological and Anatomical Evaluation of Grafted *Pinus merkusii*. *Journal of the Korean Wood Science Technology*, 44(6), 903-912. Retrieved from <http://koreascience.or.kr/article/JAKO201608965833034.page>
- Tanksley, S.D. (1983). Molecular markers in plant breeding. *Plant Molecular Biology Reporter*, 1, 3-8. Retrieved from <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02680255>
- Wang, X.R., & Szmidt, A. (2001). Molecular markers in population genetics of forest trees. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 16(3), 199-220. <https://doi.org/10.1080/02827580118146>
- West, T., Sessions, J., & Strimbu, B.M. (2022). Steep Slope Harvest System Models for Small to Large Trees. *Forests*, 13(2), 305. <http://dx.doi.org/10.3390/f13020305>
- Wheeler, N.C., Steiner, K.C., Schlarbaum, S.E., & Neale, D.B. (2015). The evolution of forest genetics and tree improvement research in the United States. *Journal of Forestry*, 113(5), 500-510. <https://doi.org/10.5849/jof.14-120>
- Williams, J., Hanafey, M., Rafalski, J.A., & Tingey, S.V. (1993). Genetic analysis using random amplified polymorphic DNA markers. *Methods in Enzymology*, 218, 704-740. [https://doi.org/10.1016/0076-6879\(93\)18053-F](https://doi.org/10.1016/0076-6879(93)18053-F)
- Wolfe, A. (2005). ISSR techniques for evolutionary biology. *Methods in Enzymology*, 395, 134-144. [https://doi.org/10.1016/S0076-6879\(05\)95009-X](https://doi.org/10.1016/S0076-6879(05)95009-X)
- Zimin, A., Stevens, K.A., Crepeau, M.W., Holtz-Morris, A., Koriabine, M., Marçaise, G. ... Langley, C.H. (2014). Sequencing and Assembly of the 22-Gb Loblolly Pine Genome. *Genetics*, 196(3), 875-890. <https://doi.org/10.1534/genetics.113.159715>
- Zolfaghari, R., Korori, S.A.A., & Etemad, V. (2005). Changes in the activity of amylase, peroxidase and catalase in beech (*Fagus orientalis* Lipsky) during dormancy and growth. *Acta Biologica Hungarica*, 56(3-4), 305-311. <https://doi.org/10.1556/ABiol.56.2005.3-4.13>

Investigation of the genetic diversity of species composition of forest stands

H. Krynytskyi¹, R. Gout², V. Kovaleva³, N. Hrunyk⁴

The article presents, in the historical aspect, an analysis of studies on genetic diversity of forest-forming tree species. In the process of developing these studies, four fundamentally essential areas have been identified: ecological and geographical, phenotypic with the selection of the best plus variants, genetic and population, and morphological and physiological. Each of these areas is described below.

The first of them is based on group selection of the most productive and adaptable geographical variants, ecotypes, and populations of tree species. The second method involves the mass and individual selection of trees based on direct and indirect characteristics. In this direction, a positive selection approach was devised and widely utilized in the practice of forestry. The field of study known as population genetics analyzes the genetic variation within and between populations, focusing on populations of woody plants, in this particular case. The fourth one – morphophysiological direction – was formed at the intersection of forest

¹ *Hryhorii Krynytskyi* – 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>

² *Roman Gout* – Full Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, doctor of Biological Sciences, Professor, Department of Forestry at Ukrainian National Forestry University. 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine

³ *Valentyna Kovaleva* – Ph.D in biology, Senior researcher, Senior researcher of 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>

⁴ *Nataliya Hrunyk* – Candidate of Biological Sciences, Postdoctoral researcher at Crop Genome Dynamics Group, Agroscope Changins. 50 Route de Duillier, Nyon, 1260, Switzerland. Tel.: +41-58-46-54341, +41-79-63-31678. E-mail: nataliya.hrunyk@agroscope.admin.ch ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9136-0973>

breeding, genetics, and plant physiology and involves the study of physiological and biochemical aspects of genotypes under specific environmental conditions as well as the transition from genetic and breeding research according to the scheme “genotype – phytomass accumulation” (or another breeding trait) to complex research: “genotype – specific environmental conditions – physiological and biochemical aspects” (or, accordingly, another trait).

Traditional and contemporary approaches to evaluating woody plant species are used to incorporate these research areas into forestry practice.

Conventional tree identification methods rely on morphological, anatomical, physiological, and biochemical characteristics of trees. As substantial experimental data demonstrates, however, genetic and breeding evaluation of trees based on these qualities is ineffective. Morphological, anatomical, physiological, and biochemical parameters, which are polygenic and caused by a large number of interacting genes, are extremely variable and closely connected with the intensity of external influences; their manifestation is primarily shaped by environmental conditions.

The most recent innovative approaches to the selection and identification of woody plants offer novel avenues for addressing genetic and breeding issues. They include, in particular, terpene hydrocarbon content indicators, which biosynthesis is under the direct control of specific genes, and which qualitative composition does not vary during embryogenesis and is independent of environmental factors and tree age. The analysis of isoenzymes is also commonly utilized in genetic and breeding studies. Isoenzymes are the direct products of the functional activity of genes and the most fundamental biochemical indicators of genes.

In recent decades, research on plant genetic diversity at the DNA level has accelerated. DNA markers are independent of environmental factors, physiological state, and plant ontogenetic stage. They are able to

identify a nearly infinite number of polymorphisms in nuclear and cytoplasmic DNA.

Currently, a new scientific field of genetic research is rapidly developing – genomics, which allows obtaining important genetic information and developing highly informative molecular genetic markers, such as microsatellites and single-nucleotide polymorphisms.

They can be utilized efficiently to examine the genetic diversity of forests, their resilience to climate change, and to develop breeding and conservation initiatives. Recent developments in forest genomics include sequencing, assembly, and annotation of the genomes of Norway spruce (*Picea abies*), gray spruce (*Picea glauca*), loblolly pine (*Pinus taeda*), Scots pine (*Pinus sylvestris*), Siberian larch (*Larix sibirica*), Siberian cedar (*Pinus sibirica*), and other coniferous species.

At the same time, along with the methods of biochemical genetics, as well as traditional methods of research, new approaches are needed to solve genetic and breeding problems in forestry, taking into account the duration of tree embryogenesis, age-related changes in their development, and mechanisms for the implementation of the genotype in specific environmental conditions.

Extremely important tasks in forest breeding are the assessment of interaction in the “genotype – environment” system and consideration of coenotic donor-recipient relationships between individuals in closed populations. In the multi-stage and lengthy breeding process in the forest, it is necessary to carry out genetic and selection studies not only at the level of genetic and molecular structures, but also at the level of the plant, as well as at the level of the coenosis as a single time-space formation, which is able to effectively and on a large scale carry out production function.

Key words: tree breeding evaluation; history of development; traditional and modern genetic approaches; methods of identification; genotype.

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/10.15421/412202>
Article received 2022.14.09
Article accepted 2022.12.29

ISSN 1991-606X print
ISSN 2616-5015 online
@ ✉ Correspondence author
Svitlana Los
svitlana_los@ukr.net
86 Pushkinska st., Kharkiv, 61024, Ukraine

УДК 630.165.6

Approbation of the method for assessing the invasive activity and selection value of *Robinia pseudoacacia* L. in Kirovohrad region conditions

S. Los¹, L. Tereshchenko², M. Petrenko³

*The results of the analysis of Kirovohrad region forest evaluation database and field observations of Black Locust (*Robinia pseudoacacia* L.) forest stands at the State Enterprise “Oleksandrivsky Forestry” are presented aimed to develop a method for determining the invasive activity and selection value of Black Locust.*

The observations of the forest stands were carried out according to a set of indicators by generally accepted methods of forest mensuration with additional estimation of qualitative indicators. A comprehensive assessment of the forest stands was carried out according to the sum of points determined by the average values of quantitative and qualitative indicators. To determine the invasive activity of Black Locust, a method based on the number of viable self-seeding in the study plot was proposed.

The high growth intensity, productivity and selection value of Black Locust, as well as the suitability of the species for the creation of forest plantations and protective stands in certain forest site conditions in the south of the Right Bank Forest-Steppe have been demonstrated.

Two stands that meet the requirements for the plus stands were selected. Possibility of plus trees selection and forest seed base creation is proved.

Low invasive activity of Black Locust was noted on the territory of the vast majority of the observed stands. At the same time, medium invasive activity was detected in 42.8% of the areas adjacent to the studied stands, low – in 28.6%, very high – in 28.6%. The proposed methodical approach can be used to determine the invasive activity and selection value of the Black Locust stands. Such comprehensive approach will provide an objective answer to the question of expediency of this species using for afforestation in a certain region.

Key words: Black Locust; growth intensity; selection value; natural regeneration.

¹ Svitlana Los – Corresponding Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, PhD in Agricultural Sciences, Head of Department of Forest Tree Improvement, Genetics and Biotechnology. The G.M. Vysotsky Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration, 86 Pushkinska st., Kharkiv, 61024, Ukraine. Tel.: 057-707-80-77, +38-097-138-97-92. E-mail: svitlana_los@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6341-2745>

² Larisa Tereshchenko – PhD in Agricultural Sciences, leading researcher of Department of Forest Tree Improvement, Genetics and Biotechnology. The G.M. Vysotsky Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration, 86 Pushkinska st., Kharkiv, 61024, Ukraine. Tel.: +38-095-658-68-53. E-mail: larisa_tereshchenko@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5203-518X>

³ Mikola Petrenko – 1st category Forestry Engineer, SE “Onykiiiv Forestry”, vel. Onykijevе, 4 Lishospna st., Novoukrainsky district, Kirovohrad region, 26244, Ukraine. Tel.: +38-067-722-04-96. E-mail: petrenko_196016@ukr.net

Introduction. *Robinia pseudoacacia* L., commonly known as Black Locust, is a hardwooded broadleaved tree species. The native range of the species includes two disjunctive areas in the eastern United States (Huntley, 1990). The extent boundary of black locust native range is not exactly known now because these species has been widely planted and has become distributed throughout North America (Neophytou, van Loo, & Klisz, 2018). Black Locust distributes in the subtropical and temperate belts of Asia, southern Africa, Australia, New Zealand, South America (Li, Xu, Guo, & Du, 2014). Currently, it occurs in forty-two European countries and is naturalized in thirty-two (Pyšek et al., 2009). In Europe this species extends over 2.3×10^6 ha. Now *Robinia pseudoacacia* L. rivaling hybrid poplars (*Populus* spp.) as the second most planted broadleaved tree species in the world after *Eucalyptus* spp. in terms of area (Nicolescu et al., 2020.).

The total area of Black Locust stands in Ukraine is 422,5 thousand hectares (Lavnyy, & Savchyn, 2016; Nicolescu et al., 2020). In the steppe part of the Dnieper River basin, Black Locust occupies one of the leading positions in the protective afforestation and forest reclamation of human-damaged landscapes on the dry rich soils (Ситник, 2021). In the Forest-Steppe it has been used for afforestation of ravine slopes and steep slopes with water-washed away soils (Гримальський, 1958). Black Locust is among nine dominated tree species on the Left-Bank Forest-Steppe territory (2% an area of forests) (Bondar et al., 2021). In the Polissia region, it acts as a transformer species, mainly in pine forests. On the Eastern Polissia, *Robinia pseudoacacia* is widely used for creation of shelterbelts on agricultural lands and on clear-cuts of oak-pine and deciduous forests (Протопопова, Шевера, 2019). In the view of both national and foreign scientists (Доценко та ін., 2021; Puchalka et al., 2021), in the conditions of the forecasted climate changes towards temperature increase and precipitation decrease, this species receives more and more advantages.

For the purpose of improvement of stem quality, Hungary, France and Germany have carried out the breeding programs as a result of which, especially in Hungary, a higher wood production has been achieved (Vítková et al., 2017; Rédei et al., 2018; Nicolescu et al., 2018; Nicolescu et al., 2020). Hungarian breeding programs are aimed at high growth rates, as well as obtaining a straight stem and a high nectar production. These programs started out with a selection of the plus trees and trees with high viability, also certain areas with good seed banks (Keserü, Rédei, Rásó, & Kiss, 2019; Tamás Ábri et al., 2021).

Breeding works with *Robinia pseudoacacia* in Ukraine were carried out in Kherson region in the 1970s. S.G. Kokhanyi selected the Black Locust plus trees of mast-shaped form at the Steppe branch of URIFFM (Коханий, 1979), which are successfully propagated and used for afforestation in the Steppe region. The elaboration of approaches to the complex study of forest stands with *Robinia pseudoacacia* L. participation in the climate change conditions in Ukraine is relevant. To date, no unified approaches

have been developed to simultaneously determine the current state, growth intensity, breeding value of Black Locust stands. The analysis of the results obtained in one of the districts of Kirovohrad region should contribute to a better understanding of the current situation with the distribution of the species, its invasive activity, as well as finding approaches to managing *Robinia pseudoacacia* L., which would reflect the local context.

There is a need to develop the methodology due to the lack of unified approaches to determining the invasive activity of *Robinia pseudoacacia* L., the methodology which will provide analysis of results, formulation of recommendations and conclusions on the feasibility of creating forest stands of this species. The existing methods involve either only the assessment of the condition and productivity of stands (17) or only the distribution of the species (24). At the same time, only a comprehensive approach will provide an objective answer to the question of expediency of this species using for afforestation.

Objects and methods. *The objects of research* were Black Locust stands of artificial origin in Kirovohrad region. *The subject of research* was the invasive activity of *Robinia pseudoacacia* L. *The aim of study* was to propose a method for determining the invasive activity and the selection value of Black Locust.

The forest evaluation database of Kirovograd region and the SE “Oleksandrivsky Forestry” was analyzed. At the SE “Oleksandrivsky Forestry” the Black Locust stands had an age from 5 to 71 years. The study plots were laid out in Black Locust forest stands aged from 16 to 71 years of seed and vegetative origin in the SE “Oleksandrivsky Forestry”. A total of 17 study plots (SP) have been observed. The stands with an area of more than one hectare and with a share of Black Locust in the growing stock of more than 50 % in the stand composition were selected for a detailed observation. The SPs were laid out in B₁, B₂, C₁, C₂, D₁ and D₂ forest site conditions (Table 1), in particular, four of them in stands under 30 years old (B₂, C₁, D₁, D₂), two – in stands aged from 31 to 60 years (B₂, C₂) and nine – over 60 years old (B₁, B₂, C₂ and D₂).

Attention to older stands was paid due to the importance of determining the durability of Black Locust in the Right-Bank Steppe and ability of tree improvement work.

During the observation of the stands in the autumn of 2021, damage and disturbance of the forest stands growing conditions, the presence of clutter and natural regeneration, disturbance of the litter, and also the turf in young forest stands on lands that have come out of agricultural use were taken into account. The observations of the stands were carried out according to indicators set with the laying out of the study plots according to generally accepted forest mensuration methods (Швиденко та ін., 1987; Інструкція..., 2006), with additional estimation of quality indicators (selection category, stem straightness, presence of defects and damages, reproduction, etc.) (Лось та ін., 2018). Mainly linear SP were laid along the transects by measuring tape along the diagonal of the subcompartment or along the accounting rows (Лось та ін., 2017).

Table 1. The short description of observed Black locust stands

#SP	Forestry subunit	Compartment / sub compartment	Forest site conditions	Age, years	Species composition*
SP1	Oleksandrivsky	30/17	B ₂	16	10 B1
SP2	Oleksandrivsky	30/22	B ₁	70	9B11Sp
SP3	Oleksandrivsky	30/21	C ₂	71	10B1
SP4	Oleksandrivsky	30/39	C ₂	71	7B13 Ga
SP5	Oleksandrivsky	30/38	C ₂	71	10B1
SP6	Oleksandrivsky	32/27 (1)	D ₂	65	10B1
SP7	Oleksandrivsky	32/27 (2)	D ₂	65	10B1
SP8	Oleksandrivsky	32/27 (3)	D ₂	~25	8B11Ga1Alm
SP9	Oleksandrivsky	23/11	C ₁	68	8B12 Ga
SP10	Oleksandrivsky	50/22	C ₁	27	10B1
SP11	Oleksandrivsky	41/3	B ₂	15	8B12Bc
SP12	Oleksandrivsky	39/1	C ₂	56	9B11SII
SP13	Oleksandrivsky	39/2	C ₂	36	8B12SII
SP14	Birkovsky	68/4	C ₂	62	10B1
SP15	Birkovsky	71/8	D ₁	22	10B1
SP16	Birkovsky	19/3	B ₂	71	9B11Sp
SP17	Oleksandrivsky	41/11	B ₂	59	10B1
Control	Oleksandrivsky	41/8	B ₂	70	10Sp

* B1 – Black locust; Ps – Scots pine; Ga – Green ash; Alm – Ash-leaved maple; SII – small-leaved lime; Bc – black cherry

The tree-to-tree measurement of the stem diameter at a breast height (DBH) and estimation of selection category (SC), straightness of the stem, condition, presence of defects and damage, as well as, if possible, the presence of reproduction, were carried out at the SPs. In addition, the proportion of multi-stem trees per SP was noted.

The values of the average DBH and height of Black Locust, measured on of the SPs, were compared with the control. Forest mensuration indicators of Scots pine stands (for B₁–B₂ and C₁–C₂ forest site conditions) and English oak stands (for D₂ conditions) of the appropriate age on the territory of the corresponding forestry subunit (or Forest Enterprise) were used as the control.

Qualitative assessment of Black Locust stands was based on the proportion of trees of I and II selection categories according to the modified M. M. Veresin's scale (Молотков та ін., 1982; Волосянчук та ін., 2003).

Complex assessment of forest stands was carried out on the basis of the points sum, determined by the average values of quantitative and qualitative indicators for the SP according to the following scale suitability for stands creating: 1) unpromising (5.0-11.5 points); 2) relatively promising (11.6-18.5 points); 3) promising (18.6-25 points). The stands of the last category can be integrated to the permanent forest seed base (PFSB). They can be given the status of plus or seed stands. In these stands, it is advisable to select the plus trees.

To determine the Black Locust invasive activity (Table 2), the method based on the number of viable undergrowth and self-sowing according to the "Recommendations for reproduction of natural stands in lowland forests and forests of the Mountainous Crimea" (Кобець та ін., 2017) was used. Good regeneration on the SPs indicated about very high invasive activity, satisfactory – high, insufficient – medium, unsatisfactory – low and absent – absence.

The Black Locust invasive activity indicators on the Enterprise territory were determined on the basis of the generalization of indicators for each examined subcompartment, in particular, the share of stands with a certain invasive activity. A comparison of indicators of invasive activity in the observed stands and outside these boundaries was carried out, taking into consideration the growth conditions, disturbed turf and litter.

The obtained data were calculated by the statistical methods using the MC Excel software package. The share of trees with certain characteristics for each stand was also analyzed.

Results. The share of Black Locust stands areas ranges from 0.5 to 8.1% in the region and from 1.7 to 8.3% at the Enterprise, depending on the age (Fig. 1). In both cases, stands aged from 31 to 60 years prevail. The shares of the stand areas with a high share of marketable trees (25% and above) in all age groups are similar. It proves the representativeness of the stands of

the Enterprise for assessing the distribution and selection value of these species in the region.

The majority of robinia's stands in the region is located in D₁ forest site conditions, slightly less is in C₂ and D₂, and half as much is in C₁ (Fig. 2). The stands areas in A₁, A₂, B₁, B₂ and D₃ conditions are insignificant. In the SE "Oleksandrivsky Forestry" the majority of stands are in C₂, slightly less in D₂ and D₁ and half as much are in C₁ forest site conditions. There are small areas of stands in A₂, B₁ and B₂ conditions. So,

the distribution of forest areas by forest site conditions of the SE "Oleksandrivsky Forestry" is typical for the region.

The results of observations in the Black Locust stands of the SE "Oleksandrivsky Forestry" indicate its high growth intensity. The average height of stands was inferior to the average height of the control only in four cases out of 17 the average (Table 3). Half of the stands were characterized by the diameter at the control level, and the rest exceeded it.

Table 2. The scale of Black Locust invasive activity

Category of regeneration success	Category of potential forest efficiency using natural regeneration	Number of viable undergrowth and self-sowing, th. plants. • ha ⁻¹ , years			Invasive activity	
		1-3 years	4-8 years	9-15 years	Category	Point
Good	1	12	more of 6.0	more of 4.0	Very high	1
Satisfactory	2	7.1-12.0	3.1-6.0	2.1-4.0	High	2
Insufficient	3	3.1-7.0	1.1-3.0	0.5-2.0	Medium	3
Unsatisfactory	4	до 3.0	до 1.0	до 0.5	Low	4
Absent	5	0	0	0	Absent	5

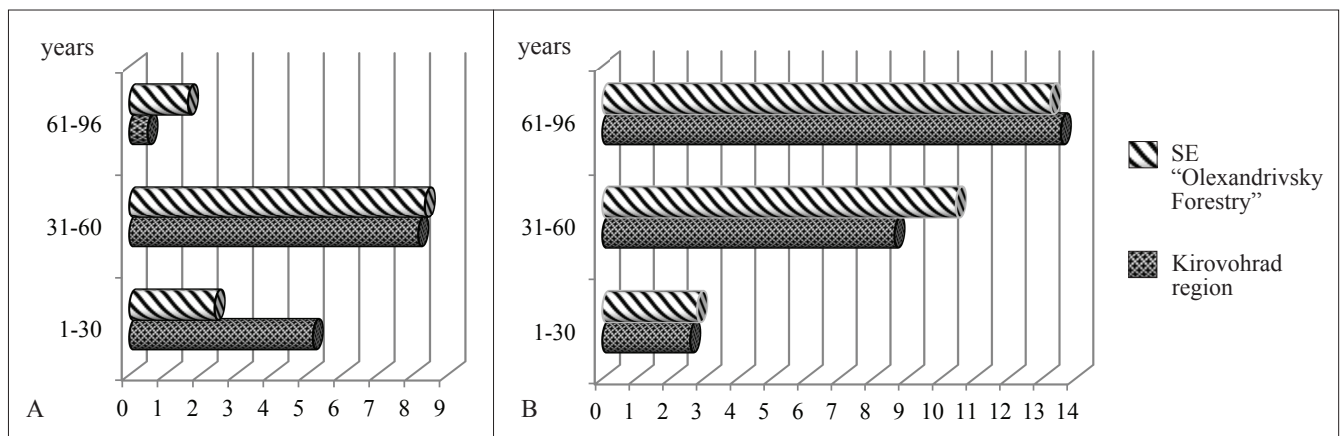


Fig. 1. A. Black Locust stands areas. B. Share of stands with high portion of marketable timber in Kirovohrad region and in the SE "Oleksandrivsky Forestry"

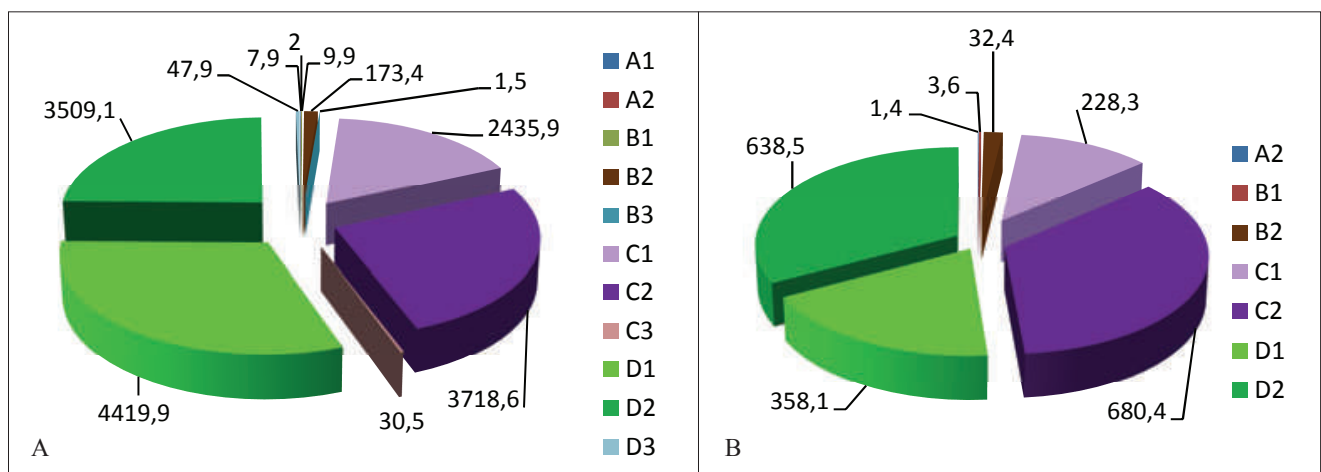


Fig. 2. Areas of Black Locust stands in different forest site conditions: A – Kirovohrad region, B – The SE "Oleksandrivsky Forestry"

Table 3. The growth intensity, condition and quality indicators of observed Black Locust stands

Forestry subunit	Compartment / sub compartment	Comparatively control, %		Trees of I i II SK, %	Condition index, point	Proportion of multi-stem trees, %
		H, m	DBH, cm			
Oleksandrivsky	30/17	31.8	20	8.5	3.7	20.0
Oleksandrivsky	30/22	-16.6	20	12.1	3.2	20.0
Oleksandrivsky	30/21	2.3	3.3	5.6	4.0	3.3
Oleksandrivsky	30/39	9.5	15.4	8.3	3.4	15.4
Oleksandrivsky	30/38	15.9	0	3.3	3.8	0
Oleksandrivsky	32/27 (1)	-17.5	0	9.1	3.6	0
Oleksandrivsky	32/27 (2)	-6.3	3.6	20.0	3.3	3.6
Oleksandrivsky	32/27 (3)	90.1	0	6.3	2.8	0
Oleksandrivsky	23/11	26.2	11.1	11.1	3.4	11.1
Oleksandrivsky	50/22	10	9.2	20.4	3.6	9.2
Oleksandrivsky	41/3	60	16.9	2.0	3.8	16.9
Oleksandrivsky	39/1	4.8	0	25.0	4.3	0
Oleksandrivsky	39/2	15.7	0	31.8	2.7	0
Birkovsky	68/4	-19	0	14.3	3.9	0
Birkovsky	71/8	46.9	0	28.3	3.0	0
Birkovsky	19/3	22.1	0	4.7	3.5	0
Oleksandrivsky	41/11	20	0	2.6	4.4	0
Oleksandrivsky	41/8	5.4	6.2	55.6	2.3	6.2

The Black Locust stands were characterized by high productivity. The site index of the vast majority of them is I and above. The growing stock of Black Locust at the age of 59-71 years in some cases exceeds 400 m³/ha, which is at the level of Scotch pine indicators (Fig. 3).

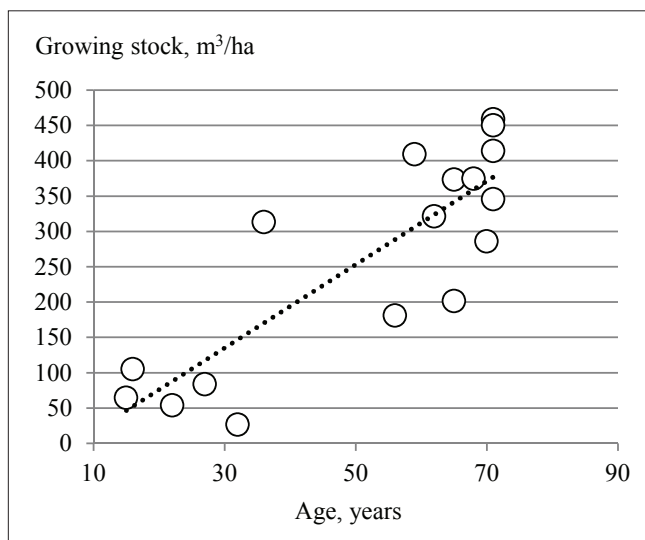


Fig. 3. Growing stock of observed stands depending on the age

The analysis of the selection structure of the observed Black Locust stands in the SE “Oleksandrivsky Forestry” (see Table 3) indicates different quality of

the trunks in different forest site conditions. Most stands have normal selection structure and only two stands comply with plus stands (comp. 39, subcomp. 2 and subcomp. 2. in Olexandrivsky and subcomp. 71 in Birkovsky forestry subunit).

The condition of the Black Locust tree in the SE “Oleksandrivsky Forestry” was satisfactory in the vast majority of cases. The condition index ranged from 2.7 to 4.4 points (see Table 3). The proportion of dead trees ranged from 0 to 64.1% and did not depend on the age of the stand. At the same time, the average correlation between the age of stands and the share of unsatisfactory conditions trees were revealed. The proportion of such trees increases with age and in most stands over 60 years of age exceeds 40%.

According to the results of the point complex assessment by the productivity, quality and condition of Black Locust at the SE “Oleksandrivsky Forestry”, the stands scored from 13 to 21 points (Fig. 4). Such results confirm the suitability of the species for the creation of forest crops and protective stands in the south of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. The stands, that have scored 19 and more points can be included in a permanent forest seed base as seed stands and plus stands.

For studying the Black Locust natural regeneration at the SE “Oleksandrivsky Forestry”, the sample plots were laid out: 1) on arable land, beyond the boundary of the black locust stand (4 pcs.); 2) on the forest lawn; 3) on broken lands (3 stands); 4) in forest plantations

of 16-27 years old (4 stands) and 56-71 years old (11 stands), as well as in pine forest plantations (2 stands) near the black locust stand. The results of the natural regeneration accounting are given in Fig. 5.

It was definite that in the arable land, the appearance of self-seedling of black locust is due to the circulation of air masses during seeds dispersal. In particular, the number of seedlings on the leeward side of the forest plantations was five times more as on the windward side. The distance of black locust self-seeding from the stand boundary on the field was more than 30 m. On the lawn near to the 70-year-old black locust stand in C₂ growing conditions, the number of viable undergrowth and black locust self-seeding is insufficient to form a forest stand.

Three study plots were laid out on the disturbed lands: SP10 – in a stand formed on the site of a former cowshed, SP17 – a stand formed on the site disturbed of Black Locust stand due to conduct of high-voltage power line constructed with the involvement of bulldozers and other machinery, SP18 – former vegetable gardens on the plot bordering the Black Locust stand. The vast majority of plants in these areas are of coppice origin. At the same time, there are also self-seeding individuals, mostly up to 3 years old (Fig. 5).

The surveyed the youngest 5-year-old Black Locust forest crops (SP11, Oleksandrivske subunit, c. 23. s.13), created on a hill (slope 10-15°) were classified as anti-erosion forests. In C₂ forest site conditions, plant survival was 45%, the average height was 2.1 m. The height of individual trees ranged from 0.6 to 4 m. The last year's increment for most trees (67%) exceeded 1 m. Up to 7% of trees showed signs of fruiting. Condition index of forest crops was 2.1 points. The share of single-stemmed trees was 76%. There were no self-seeded plants.

In a 16-year-old stand of mixed origin (natural regeneration + artificial forest crops) (SP1), a small number of viable undergrowth and self-seeded of Black Locust up to 8 years of age was recorded.

Among the 16-27-year-old Black Locust forest stands (SP13, 14, 20), a significant occurrence of 1-year-old self-seeding was recorded at SP20. In 22-year-old stands, its number was equal to 9.7 thousand trees per ha, they are placed in groups, the number of plants of other age groups is much smaller (up to 0.6 thousand trees per ha). The appearance of such a number of seedlings can be due to a sufficiently wet spring, insufficient density of stands (row spacing of 3 m), as well as soil richness (forest site conditions D₁).

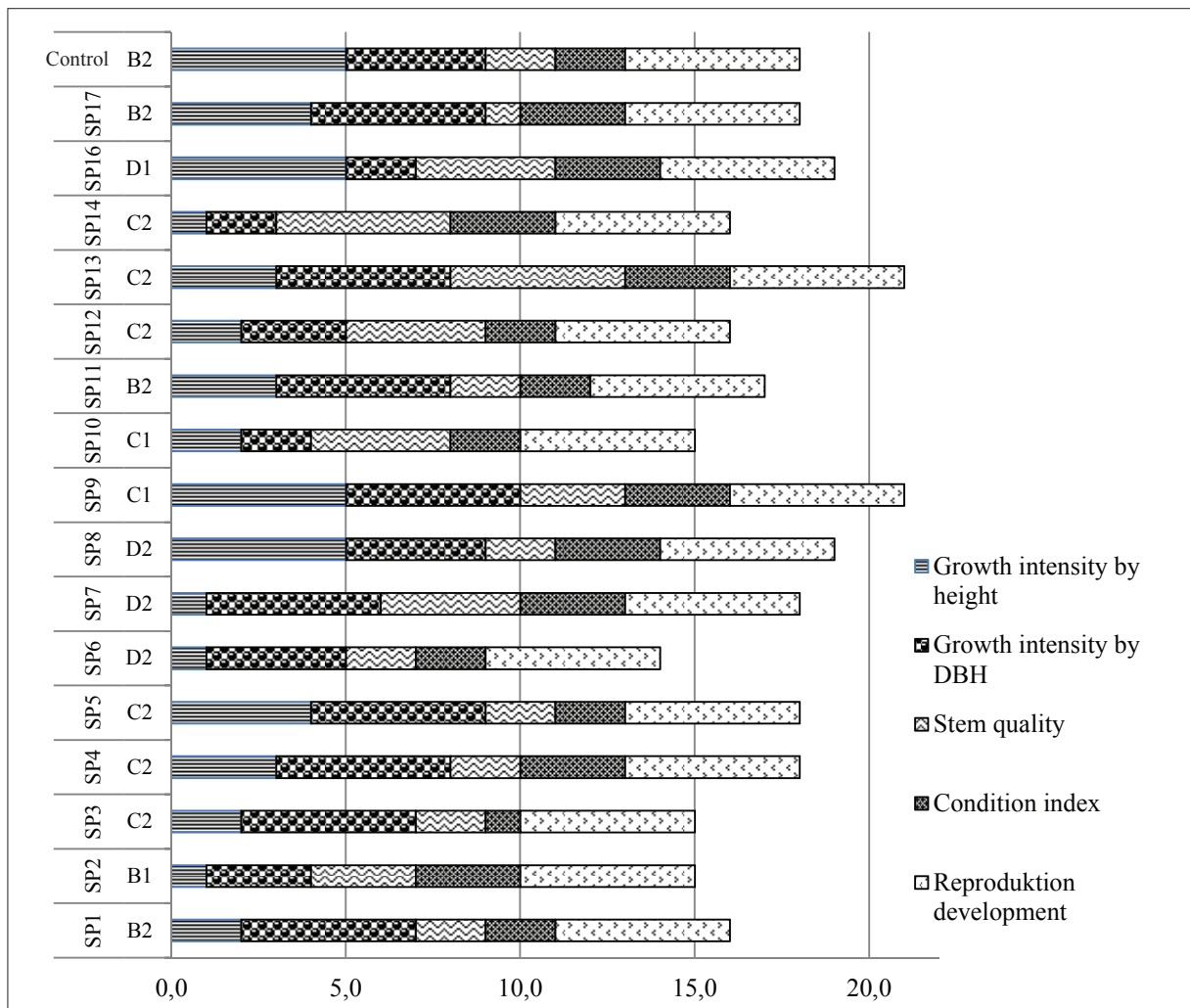


Fig. 4. Complex assessment of Black Locust stands by productivity, quality and condition characteristics

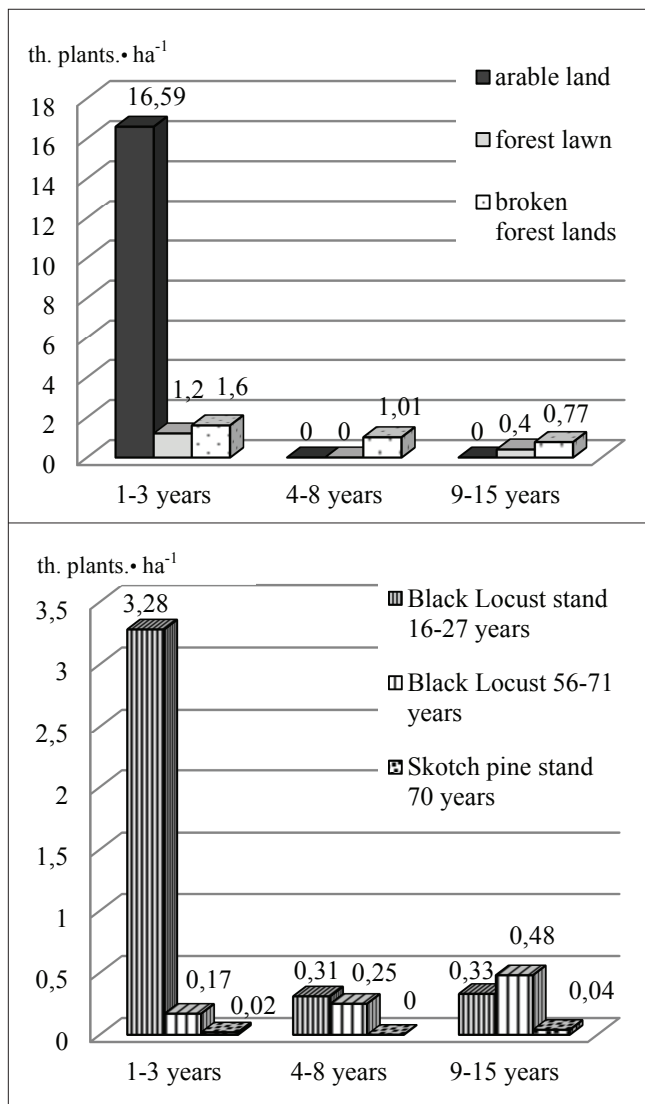


Fig. 5. Natural regeneration of Black Locust in different lands

According to the data of 11 Black Locust study plots in stands aged 56-71 years (SP2, 3, 6-8, 9, 12, 16, 19-22), there was a low amount of natural regeneration in them. The sufficiently high amount of regeneration both of coppice and seed origin was noted only in the stand damaged by the wildfire in 2000 (SP19). At the same time some trees of coppice origin became dead.

In the 70-year-old pine stand (forest site conditions – B₂), which borders the Black Locust stand (SP23), specimens of Black Locust trees of various ages were noted. Most of the last year's self-seeding was concentrated around Scots pine stumps and in moss curtains. Black Locust plants of the older age group (9-15 years) concentrated in the pine forest gaps, and their coppice regeneration was recorded. In another pine stand of the same compartment in B₂ forest site conditions, 55-year-old Black Locust trees are located on the border of the subcompartment, along the forest road. On a biomeadow the regeneration of Black Locust is located in groups. In such a group aged from 1 to 7 years, where this year's self-seeding prevails, up to 15 seedlings with a height of up to 7 m were counted.

High Black Locust invasive activity was noted on the disturbed lands. It is very high in the case of the location of arable land on the windy side of the Black Locust stand and it is lower in the case of the location of arable land on the windward side of the stand.

On the disturbed forest lands, the invasive activity of the species ranges from low to medium. In the case of Black Locust location on both sides of such an area, its regeneration occurs mainly by coppice and there is little amount of self-seeding (SP10). If there are shrubs along the border of the disturbed area, in particular black elderberry (SP17), the proportion of self-seeded plants is higher. However, it is less than that in the case of the conversion of former agricultural lands.

In young Black Locust stands (5 years old), there is no invasive activity due to the small number of trees with reproduction and strong soil compaction. In the mixed stand (SP1), the self-seeding occurs due to the reproduction of trees of coppice origin and the presence of gaps in the canopy. In the vast majority of cases, the Black Locust invasive activity in forest stands is low. However, it can be medium in a stand in the presence of non-grassy meadows (SP16) and where the density of stocking of the stand is less than 0.6 (SP2). Under favorable weather conditions, invasive activity can be high on richer soils in insufficiently stocked stands (SP20). Seed regeneration of Black Locust is absent in the composition of other tree and bush species, and the density of stocking being 0.7 and above.

Discussion. Recently, the research for obtaining an answer to the question whether it is worth growing introduced species of woody plants into forest crops has become particularly relevant. There is a lot of controversial information about Black Locust. In some countries, for example in Great Britain, Germany, France, Japan and New Zealand, Black Locust is considered a harmful invasive species (Podrázský, & Prknová, 2019). In others, it is actively used to create plantation forest crops to obtain wood, medicinal raw materials, and as a honey plant (Rédei et al., 2018; Vítková et al., 2017; Nicolescu et al., 2018; Nicolescu et al., 2020).

The reasons why Black Locust has been planted globally are numerous and varied: durable and rot-resistant wood, high calorific value of wood, a nitrogen fixer, soil erosion control, reforestation, forage for livestock, nectar and honey source, edible flowers, an ornamental tree species in parks and alleys (Kraszkiewicz, 2021; Sabo, 2000; Halasz et al., 2021; Farkas, & Zajác, 2007; Papadopoulou et al. 2018; Podrázský, & Prknová, 2019; Moser, Rötzer, Pauleit, & Pretzsch, 2016). In some characteristics, such as wood strength and hardness, Black Locust exceeds English oak, also its wood has much higher durability and resistance to weathering and biotic agents (Podrázský, & Prknová, 2019). In previous years, Black Locust was included in the European subsidizing programme of tree species cultivation, aiming at the creation of new forest stands in many European countries (Vasiliki, & Ioannis, 2017).

Hungarian breeding programs are aimed at high growth rates as well as a straight stem and a high nectar production. These breeding programs started out with a selection of the plus trees and vital trees, also certain areas with good seed banks (Keserű et al., 2019; Tamás Ábri et al., 2021). The selected trees were used as the base for vegetative propagation; seed orchards have been founded. The goals of such programs are better wood quality, more production of biomass, higher nectar production and frost hardiness. In Hungary, Bulgaria, Romania, Germany, Italy, Belgium, Czech Republic, Slovakia, Croatia, Bosnia and Herzegovina, and Poland the reproductive material collected in certified/selected seed stands and seed orchards are used. For example, in Hungary the offspring of selected plus trees were vegetatively propagated and grouped together into cultivars, which are composed of one or several clones, 7 cultivars are approved by the competent country national office (Rédei et al., 2017b). In Poland, 2 selected seed stands have been registered, as well as 34 plus trees and 2 seed orchards (Wojda et al., 2015).

Despite the significant number of works devoted to the study of the invasiveness of plants, there is no consensus on the criteria for assessing the invasiveness of woody species when creating classification schemes (Проропонова, Шевера, 2019). In most cases, when it comes to invasive activity, the conclusions are not supported by numeric indicators that could precisely “estimate” the degree of this “activity”. So, in work (Nicolescu et al., 2020) the “invasive potential” of Black Locust was estimated, but this indicator is considered in general as the ability to spread. In other cases, the assessment of invasive activity is overloaded with a large number of indicators. For example (Morse et al., 2004), the answers to 20 questions in points make up the main part of the assessment. At the same time, the field studies on the quantitative assessment of Black Locust regeneration are important. Unfortunately, such researches are fragmentary. Thus, in assessing the distribution of *Robinia pseudoacacia* L. in Mediterranean ecosystems, Italian researchers (Crosti et al., 2016) accounted the number of trees (adults: individuals > 1 m tall; seedlings: individuals ≤ 1 m tall) on strip transects from the edge of each of the four sides of stands. The diameter at breast height (DBH) and height were also measured for Black Locust. The obtained data were grouped based on the distance from the edge of the stand.

The method for assessing invasive activity proposed in this paper is based on quantitative assessment of Black Locust regeneration by vegetative and seed origin in the territory of sub-compartment and beyond, given that the main characteristic of invasiveness is the ability of the species to uncontrolled spread. This approach makes it possible to provide a quantitative description of the invasive activity of the species both in the territory of the sub-compartment and in forestry subunit and the enterprise as a whole.

The obtained results confirm the conclusions of other authors (Crosti et al., 2016) regarding the abil-

ity of Black Locust to spread to a distance of up to 30 m from the edge of the stand and regarding its most active spread in disturbed plots.

It has also been confirmed that Black Locust does not regenerate in dense forests or thickets of bushes with closed crowns: because the seedlings do not tolerate shade (Crosti et al., 2016; Vítková et al., 2017).

The application of complex approach also allowed for determining the selection value of both certain stands and the species for the region as a whole.

Determination of the selection value of Black Locust is usually carried out on the basis of the analysis of indicators of growth intensity and trunk quality. The following trees of Black Locust were considered valuable: with narrow, full, and symmetrical crowns that occupy about a third of the height, a straight trunk of high quality with a strong central leader, rapid growth in height, and good health (Nicolescu et al., 2018). Both Romanian and Hungarian scientists (Rédei et al., 2017a, 2018; Tamás et al., 2021) compared the average height and diameter of the best clones with those of the control. Along with these indicators, the shape of the trunk was determined. In Hungary, the following classification is used for the evaluation of the stem form: 1 – straight, 2 – more or less straight, 3 – crooked, 4 – strongly crooked (Tamás et al., 2021). German scientists, parallel to growth measurements, assessed the stem shape and crown formation: the number of trees with multiple stems, and forks as well as trees with stem and bark injuries, and branch and crown fractures (Lange et al., 2022).

This paper presents the results of the approval of the method of a comprehensive evaluation of breeding material of Black Locust, which we usually use for other species (Лось та ін., 2018, 2020; Терещенко, Дишко, 2019). We also used a comprehensive approach, which involved evaluating the intensity of growth and the quality of the trunks, but in addition, we introduced indicators of the condition and the proportion of multi-stemmed trees. The first indicator is an indicator of stability, especially in harsh growing conditions. While the indicator of the share of multi-stemmed trees is considered on the one hand as a characteristic of the stem quality, and on the other hand as an indicator of the adaptation of the species, given that the formation of several trunks is characteristic of trees on the borders of the range and in unfavorable growth conditions (Лось, Самодай, Терещенко, Бірченко, 2020).

The conducted studies are pilot and cover only a small area. At the same time, the expansion of similar works covering different regions and forest site conditions using an identical methodology can become the basis for developing recommendations not only regarding the expediency of using Black Locust, but also measures to control and prevent its spread. The development of such recommendations, in turn, requires experiments that would include both the creation of experimental plantations of Black Locust and testing of various measures and approaches to limiting the

spread of the species. It is to develop a tree improvement program for Black Locust in Ukraine, given its multi-purpose use and resistance to harsh conditions. It is necessary to provide for the search for the best stands, the selection of plus trees and the creation of promising varieties based on them for different conditions and regions.

Conclusions. The Black Locust stands occupy from 0.5 to 8.1% of the total area of the forest land in Kirovohrad region and from 1.7 to 8.3% at the SE “Oleksandrivsky Forestry”. The stands aged from 31 to 60 years predominate.

Summarizing the results of our research at the SE “Oleksandrivsky Forestry”, it should be noted that in the vast majority of stands, low invasive activity of Black Locust is noted, in a small number of stands it is absent, or is medium or high. Areas of artificial forests with very high invasive activity were not detected. At the same time, medium invasive activity was detected in 43% of adjacent areas, low – in 29%, very high – in 29%.

The high intensity of Black Locust growth, productivity and selection value in the studied stands at the SE “Oleksandrivsky Forestry” were proven. The complex assessment confirmed the suitability of the species use for the artificial forest and protective stands creation in the south of the Right Bank Forest-Steppe conditions provided that its spread beyond the boundaries of tree stands is controlled and, if necessary, its spread is limited.

Two stands that meet the requirements for the plus stands were selected. Possibility of plus trees selection and forest seed base creation is proved.

The proposed methodical approach can be used to determine the invasive activity and selection value of Black Locust. Such comprehensive approach will provide an objective answer to the question of expediency of the species using for afforestation and plantation forestry in a certain region.

Acknowledgment The authors would like to thank the employees of the SE “Oleksandrivsky Forestry” for assistance in conducting field work, Tetiana Pyvovar for editing the English text and the anonymous reviewers for their valuable pieces of advice during the preparation of this manuscript.

References

- Bondar, O., Adamenko, O., Korobkova, H., Hryn, Ye., Tsytsiura, N., Zaiarna, O., ... Matsyura, A. (2021). Forest species diversity in river watersheds of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*, 11(3), 79-85. https://doi.org/10.15421/2021_147
- Crosti, R., Agrillo, E., Ciccacese, L., Guarino, R., Paris, P., & Testi, A. (2016). Assessing escapes from short rotation plantations of the invasive tree species *Robinia pseudoacacia* L. in Mediterranean ecosystems: a study in central Italy. *iForest – Biogeosciences and Forestry*, 9(5), 822-828. <https://doi.org/10.3832/ifer1526-009>
- Farkas, Á., & Zajác, E. (2007). Nectar production for the Hungarian honey industry. *European Journal of Plant Science and Biotechnology*, 1, 125-151. Retrieved from [http://www.globalsciencebooks.info/Online/GSBOnline/images/0712/EJPSB_1\(2\)/EJPSB_1\(2\), 125-151o.pdf](http://www.globalsciencebooks.info/Online/GSBOnline/images/0712/EJPSB_1(2)/EJPSB_1(2), 125-151o.pdf)
- Halasz, A., Bajnok, M., Suli, A., Mikone, E.J., & Schieszl, T. (2021). Importance of Black Locust (*Robinia pseudoacacia*) Foliage in the Extension of the Grazing Season and in the Reduction of Damages Caused by Climate Change (a Review). *Journal of Rangeland Science*, 11(1), 119-124. Retrieved from http://publicatio.bibl.u-szeged.hu/21555/1/RS_Volume11_Issue1_Pages 119-124.pdf
- Huntley, J.C. (1990). *Robinia pseudoacacia* L. Black Locust. In: R.M. Burns, & B.H. Honkala (Eds.), *Silvics of North America* (pp. 755-761). Vol. 2. Hardwoods. Agriculture Handbook, No 654. Washington DC, USA: USDA Forest Service
- Keserű, Zs., Rédei, K., Rásó, J., & Kiss, T. (2019). Propagation from root cuttings for black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) improvement in Hungary: a review. *International Journal of Horticultural Science*, 25(1-2). <https://doi.org/10.31421/IJHS/25/1-2./2384>
- Kraszkiewicz, A. (2021). Productivity of Black Locust (*Robinia pseudoacacia* L.) Grown on a Varying Habitats in Southeastern Poland. *Forests*, 12(4), 470; <https://doi.org/10.3390/f12040470>
- Lange, Ch.A., Knoche, D., Hanschke, R., Löffler, S., & Schneck, V. (2022). Physiological Performance and Biomass Growth of Different Black Locust Origins Growing on a Post-Mining Reclamation Site in Eastern Germany. *Forests*, 13, 315. <https://doi.org/10.3390/f13020315>
- Lavnyy, V., & Savchyn, V. (2016). Ukraine. In: H. Hasenauer, A. Gazda, M. Konner, K. Lapin, & G.M. J Mohren (Frits), H. Spiecker, van M. Loo, E. Pötzelsberger (Eds.), *Non-native tree species for European forests: experiences, risks and opportunities*. (pp. 404-409). *FP 1403 NNEXT Country Reports*, Joint Volume. University of Natural Resources and Life Sciences (BOKU), Vienna
- Li, G., Xu, G., Guo, Ke, & Du, Sh. (2014). Mapping the Global Potential Geographical Distribution of Black Locust (*Robinia pseudoacacia* L.) Using Herbarium Data and a Maximum Entropy Model. *Forests*, 5(11), 2773-2792. <https://doi.org/10.3390/f5112773>
- Morse, L.E.; Randall, J.M.; Benton, N., Hiebert, R., Lu, S., & Nature, S. (2004). *An Invasive Species Assessment Protocol: Evaluating Non-Native Plants for Their Impact on Biodiversity*. Version 1. All U.S. Government Documents (Utah Regional Depository). Paper 537. <https://digitalcommons.usu.edu/govdocs/537>
- Moser, A., Rötzer, T., Pauleit, S., & Pretzsch, H. (2016). The urban environment can modify drought stress of small-leaved lime (*Tilia cordata* Mill.) and black locust (*Robinia pseudoacacia* L.). *Forests*, 7, 71-91. <https://doi.org/10.3390/f7030071>

- Neophytou, Ch., van Loo, M., & Klisz M. (2018). Molecular markers used for genetic studies in black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) In book: *Technical Guidelines For Molecular Genetic Analyses In Non-Native Forest Tree Species of Europe* (pp. 137-160). Edition Publisher: Slovenian Forestry Institute, Silva Slovenica publishing centre. Retrieved from <https://dirros.openscience.si/Izpis-Gradiva.php?lang=eng&id=9194>
- Nicolescu, V.N., Hernea, C., Bakti, B., Keser, U.Z., Antal, B., & Rédei, K. (2018). Black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) as a multi-purpose tree species in Hungary and Romania: A review. *Journal of Forest Research*, 29, 1449-1463. <https://doi.org/10.1007/s11676-018-0626-5>
- Nicolescu, V.N., Rédei, K., Mason, W.L., Vor, T., Pöetzelsberger, E., Bastien, J.C., ... Pástor, M. (2020). Ecology, growth and management of black locust (*Robinia pseudoacacia* L.), a non-native species integrated into European forests. *Journal of Forest Research*, 31, 1081-1101. <https://doi.org/10.1007/s11676-020-01116-8>
- Papadopoulou, F., Tentsoglidou, M., Pavloudakis, F., Papadimopoulos, N., & Papadopoulos, I. (2018). Evaluation of Honey Producing Potential of Robinia pseudacacia in Reforested Old Lignite Mines in West Macedonia. *Journal of Environmental Science and Engineering*, B7, 354-359. <https://doi.org/10.17265/2162-5263/2018.09.005>
- Podrázský, V., Prknová, H. (Eds). (2019). Silvicultural, production and environmental potential of the main introduced tree species in the Czech Republic. Kostelec nad Černými Lesy: Lesnická práce, 2019. ISBN 978-80-213-2993-5. Retrieved from https://ipac.svkkk.cz/arl-kl/cs/detail-kl_us_cat.10-1270677-Silvicultural-production-and-environmental-potential-of-the-main-introduced-tree-species-in-Czech-R/
- Puchałka, R., Dyderski, M.K., Vítková, M., Sádlo, J., Klisz, M., Netsvetov, M. ... Jagodziński, A.M. (2021). Black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) range contraction and expansion in Europe under changing climate. *Global Change Biology*, 27(8), 1587-1600. <https://doi.org/10.1111/gcb.15486>. Epub 2021 Jan 26
- Pyšek, P., Lambdon, P.W., Arianoutsou, M., Kühn, I., Pino, J., & Winter, M. (2009). Alien vascular plants of Europe. In: W. Nentwig (Ed.), *Handbook of Alien Species in Europe*, 3, 43-61. Retrieved from https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4020-8280-1_4
- Rédei, K., Csiha, I., Rásó, J., & Keserű, Z. (2017a). Selection of promising black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) cultivars in Hungary. *Journal of Forest Science*, 63(8), 339-343 <https://doi.org/10.17221/23/2017-JFS>
- Rédei, K., Keserű, Z., Csiha, I., Rásó, J., & Honfy, V. (2017b): Plantation silviculture of black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) cultivars in Hungary – a review. *South-East European Forestry*, 8, 151-156. <https://doi.org/10.15177/seeefor.17-11>
- Rédei, K., Keserű, Z., Csiha, I., Rásó, J., Bakti, B., & Takács, M. (2018). Improvement of black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) growing under marginal site conditions in Hungary: case studies. *Acta Agraria Debreceniensis* 74, 129-133. <https://doi.org/10.34101/actaagrar/74/1677>
- Sabo, A.E. (2000). *Robinia pseudoacacia* invasions and control in North America and Europe. *Rest Recl Rev*, 6, 244-251. Retrieved from <http://horticulture.cfans.umn.edu/vd/h5015/00papers/sabo.htmpp>. Accessed 20 May 2012
- Tamás, Ábri T., Keserű, Zs., Rásó, J., & Rédei, K. (2021). Stand structure and growth of *Robinia pseudoacacia* ‘Jászkeséri’ – ‘Jászkeséri’ black locust. *Journal of Forest Science*, 67(10), 489-497. <https://doi.org/10.17221/57/2021-JFS>
- Vasiliki, K., & Ioannis, B. (2017). Bondability of Black locust (*Robinia pseudoacacia*) and Beech wood (*Fagus sylvatica*) with polyvinyl acetate and polyurethane adhesives. *Maderas, Ciencia tecnologia*, 19(1), Concepción. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-221X2017005000008>
- Vítková, M., Müllerová, J., Sádlo, J., Pergl, J., & Pyšek, P. (2017). Black locust (*Robinia pseudoacacia*) beloved and despised: A story of an invasive tree in Central Europe. *Forest Ecology and Management*, 384, 287-302. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.10.057>
- Wojda, T., Klisz, M., Jastrzębowski, S., Mionskowski, M., Szypl-Borowka, I., & Szczygieł, K. (2015). The geographical distribution of black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) in Poland and its role in non-forest land. *Papers on Global Change*, 22, 101-113. <https://doi.org/10.1515/igbp-2015-0018>
- Волосянчук, Р.Т., Лось, С.А., Торосова, Л.О., Кузнецова, Т.Л., Терещенко, Л.І., Нейко, І.С., Григор'єва, В.Г. (2003). Методичні підходи до оцінки об'єктів збереження генофонду листяних деревних порід *in situ* та їх сучасний стан у Лівобережному лісостепу України. *Лісівництво і агролісомеліорація*, 104, 50-57 [Volosyanchuk, R. T., Los, S.A., Torosova, L.O., Kuznecova, T.L., Tereshchenko L.I., Neyko, I.S. & Grygoryeva, V.G. (2003). Methodological approaches to the estimation of gene pool conservation *in situ* units of the broadleaved tree species and their actual conditions in the Left-bank Forest-steppe of Ukraine. *Forestry and Forest Melioration*, 104, 50-57] (in Ukrainian)
- Гримальський, В.І. (1958). Применение белой акации в лесном хозяйстве Украинской ССР. В кн.: *Быстрорастущие и хозяйственно ценные древесные породы (разведение их и использование)* (с. 279-285). Москва: Министерство сельского хозяйства СССР [Grimalsky, V.I. (1958). The use of Black Locust in the forestry of the Ukrainian SSR. In A. S. Yablokov, & G.F. Zheleznova (Eds.), *Fast-growing and economically valuable tree species (propagation and using)* (pp. 279-285). Moscow: Ministry of Agriculture of USSR] (in Russian)

- Доценко, Л.В., Чорна, В.І., Грицан, Ю.І., Ворошилова, Н.В., Кацевич, В.В. (2021). Біоекологічна характеристика степових насаджень робінії псевдоакації в залежності від змін деяких кліматичних чинників. *Питання степового лісознавства та лісової рекультивзації земель*, 50, 3-11 [Dotsenko, L.V., Chorna, V.I., Gritsan, Yu.I., Voroshilova, N.V., & Katsevich, V.V. (2021). Bioecological characteristics of the steppe stands of Black Locust in fallow land with changes in some climate factors changers. *The issues of steppe forestry and forest land reclamation*, 50, 3-11. <https://doi.org/10.15421/442101>] (in Ukrainian)
- Інструкція з впорядкування лісового фонду України*. Частина I. Польові роботи. (2006). Ірпінь: Укрдержліспроект [*Instructions for organizing the forest fund of Ukraine*. Part I. Field works. (2006). Irpin: Ukrderzhlisproekt] (in Ukrainian)
- Кобець, О.В., Тарнопільська, О.М., Румянцев, М.Г., Купріна, Н.П., Бородавка, В.О., Бузун, В.О., ... Роговий, В.І. (2017). *Рекомендації щодо відтворення природних деревостанів у рівнинних лісах та лісах Гірського Криму*. Харків: УкрНДЦЛГА [Kobets, O.V., Tarnopil'ska, O.M., Romyantsev, M.G., Kuprina, N.P., Borodavka, V.O., Buzun, V.O., ... Rogovy, V.I. (2017). *Recommendations for reproduction of natural stands in lowland forests and forests of the Mountainous Crimea*. Kharkiv: Ukrainian Order "Sign of Honour". The G.M. Vysotsky Research institute of Forestry and Forest Melioration] (in Ukrainian)
- Коханий, С.Г. (1979). *Мачтова форма белой акації на Нижнеднепровье и способы ее размножения*: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.01. Харьков: УкрНИИЛХА [Kokhanyı, S.G. (1979). *Mast form of Black Locust in the Lower Dnieper region and methods of its reproduction* (Doctoral dissertation abstract, the G.M. Vysotsky Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration, Kharkiv, Ukraine)] (in Russian)
- Лось, С.А., Григорьева, В.Г., Самодай, В.П., Нейко, І.С. (2018). Комплексне оцінювання перспективності видів і гібридів модрина для умов Лісостепу України. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 16, 62-79. [Los, S.A., Grygoryeva, V.G., Samoday, V.P., & Neyko, I.S. Complex assessment of larch species and hybrids perspectivity for Forest-Steppe of Ukraine conditions. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 16, 62-79. <https://doi.org/10.15421/411807>] (in Ukrainian)
- Лось, С.А., Самодай, В.П., Терещенко, Л.І., Бірченко, Д.Є. (2020). Сучасний стан бука в дослідних культурах і дендропарках Північного Сходу України та перспективи його використання. *Лісівництво і агролісомеліорація*, 136, 46-57 [Los, S.A., Samoday, V.P., Tereshchenko, L.I., & Birchenko, D.Ye. Current state of beech in the experimental plantations and arboretums in northeastern Ukraine and prospects of its use. *Forestry and Forest Melioration*, 136, 46-57. <https://doi.org/10.33220/1026-3365.136.2020.46>] (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: УкрНДЦЛГА [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: Ukrainian Order "Sign of Honour", the G.M. Vysotsky Research institute of Forestry and Forest Melioration. Retrieved from http://ucfb.info/fileadmin/user_upload/%D0%9D%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B8.pdf] (in Ukrainian)
- Молотков, П.И., Патлай, И.Н., Давыдова, Н.И., Щепотьев, Ф.Л., Ирошников, А.И., Мосин, В.И., ... Милютин, Л.И. (1982). *Селекция лесных пород*. Москва: Лесная промышленность [Molotkov, P.I., Patlay, I.N., Davydova, N.I., Schepotiev, F.L., Iroshnikov, A.I., Mosin, V.I., ... Milyutin, L.I. (1982). *Selection of forest species*. Moscow: Forest Industry. Retrieved from <https://www.twirpx.com/file/1594603/>] (in Russian)
- Протопопова, В.В., Шевера, М.В. (2019). Інвазійні види у флорі України. I. Група високо активних видів. *GEO&BIO*, 17, 116-135 [Protopopova, V.V., & Shevera, M.V. (2019). Invasive species in the flora of Ukraine. I. The group of highly active species. *GEO&BIO*, 17, 116-135. <https://doi.org/10.15407/gb.2019.17.116>] (in Ukrainian)
- Ситник, С.А. (2021). *Біопродуктивність, екологічний та енергетичний потенціал деревостанів Robinia pseudoacacia L. Байрачного Степу України*: автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук: 06.03.02. Київ: Національний університет біоресурсів і природокористування України [Sitnik, S.A. (2021). *Bioproductivity, ecological and Energy Potential of Robinia pseudoacacia L. Stands within the Riparian Steppe of Ukraine* (Doctoral dissertation abstract, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine. Retrieved from <http://irbis-nbuv.gov.ua/aref/0521U100253>] (in Ukrainian)
- Терещенко, Л.І., Дишко, В.А. (2019). Результати 20-річних випробувань кандидатів у сортипопуляції синтетичні сосни звичайної в умовах ДП «Зміївський лісгосп» на Харківщині. *Лісівництво і агролісомеліорація*, 134, 33-42. [Tereshchenko, L.I., & Dyshko, V.A. (2019). Results of 20-year testing of candidates to synthetic cultivar-populations of Scots pine in conditions of the SE "Zmiivsky forestry" in Kharkiv region. *Forestry and Forest Melioration*, 134, 33-42. <https://doi.org/10.33220/1026-3365.134.2019.33>] (in Ukrainian)
- Швиденко, А.З., Савич, Ю.Н., Строчинский, 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., Strochinsky, A.A., Polyakov, V.K., & Kanunnikov, N.E. (1987). *Normative and reference materials for forest inventory in Ukraine and Moldova*. Kyiv: Harvest] (in Russian)

Апробація методики оцінювання інвазійної активності та селекційної цінності *Robinia pseudoacacia* L. в умовах Кіровоградщини

С. А. Лось¹, Л. І. Терещенко², М. І. Петренко³

Проаналізовано таксаційну базу лісостанів Кіровоградської області та здійснено польові дослідження насаджень робінії звичайної віком від 6 до 90 років насінного і вегетативного походження.

Мета досліджень полягала в опрацюванні методики визначення інвазійної активності та селекційної цінності робінії звичайної на прикладі насаджень ДП «Олександрівський лісгосп».

Обстеження деревостанів здійснювали за комплексом показників відповідно до загальноприйнятих таксаційних методик. Комплексне оцінювання насаджень здійснювали на основі суми балів, визначених за середніми значеннями кількісних та якісних показників. Для визначення інвазійної активності робінії звичайної запропоновано методику, яка базується на обліках кількості життєздатного підросту та самосіву. Показники інвазійної активності робінії звичайної на території господарства визначали узагальненням показників по

кожному обстеженому виділу, зокрема – частки деревостанів з певною інвазійною активністю робінії. Здійснювали порівняння показників *інвазійної активності* у межах обстежених деревостанів та поза їхніми межами, з урахуванням типу лісорослинних умов, ступеня порушення дернини і підстилки.

Насадження робінії звичайної на території Кіровоградської обл. за групами віку займають від 0,5 до 8,1% від загальної площі лісових земель. Переважають деревостани віком від 31 до 60 років. Більшість робінієвих деревостанів в області ростуть в умовах D_1 , трохи менше – в умовах C_2 , D_2 і вдвічі менше – в умовах C_1 . Площі деревостанів робінії в умовах A_1 , A_2 , B_1 , B_2 і D_3 незначні.

Засвідчено високі інтенсивність росту, продуктивність та визначено селекційну цінність насаджень робінії звичайної. Бонітет переважної більшості з них характеризується I і вище класом. Запас насаджень робінії у віці 59-71 років на окремих ділянках перевищує $400 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$. Комплексне оцінювання засвідчило придатність деревного виду для створення лісових культур і захисних насаджень у певних лісорослинних умовах на півдні Правобережного Лісостепу.

Відібрано два деревостани, які відповідають вимогам щодо плюсових. Підтверджено можливість відбору плюсових дерев та створення лісо-насінної бази.

На території переважної більшості деревостанів зафіксовано низьку інвазійну активність робінії, для решти насаджень вона відсутня, середня або висока. Ділянок лісових культур з дуже високою інвазійною активністю не виявлено. Водночас на 42,8% прилеглих до деревостанів ділянках виявлена середня інвазійна активність робінії, низька – на 28,6%, дуже висока – на 28,6%.

Запропонований методичний підхід може бути використано для визначення інвазійної активності та селекційної цінності насаджень робінії звичайної. Такий комплексний підхід дасть об'єктивну відповідь на питання щодо доцільності використання деревного виду для лісорозведення та плантаційного лісовирощування у конкретному регіоні.

Ключові слова: робінія звичайна; інтенсивність росту; селекційна цінність; природне поновлення.

¹ Лось Світлана Анатоліївна – член-кореспондент Лісівничої академії наук України, кандидат сільськогосподарських наук, завідувачка відділу селекції, генетики та біотехнології. Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького, вул. Пушкінська, 86, м. Харків, 61024, Україна. Тел.: 057-707-80-77, +38-097-138-97-92. E-mail: svitlana_los@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6341-2745>

² Терещенко Лариса Іванівна – кандидат сільськогосподарських наук, провідний науковий співробітник відділу селекції, генетики та біотехнології. Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького, вул. Пушкінська, 86, м. Харків, 61024, Україна. Тел.: 38-095-658-68-53. E-mail: larisa_tereshchenko@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5203-518X>

³ Петренко Микола Іванович – інженер лісових культур I категорії, ДП «Оникіївське лісове господарство», с. Оникієве, вул. Лісгоспна, 4, Новоукраїнський район, Кіровоградська обл., 26244, Україна. Тел.: +38-067-722-04-96. E-mail: petrenko_196016@ukr.net



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

<http://fasu.nltu.edu.ua>
<https://doi.org/10.15421/412203>
Article received 2022.11.09
Article accepted 2022.12.29

ISSN 1991-606X print
ISSN 2616-5015 online
@ ✉ Correspondence author
Valentyna Meshkova
Valentynameshkova@gmail.com
86 Pushkinska st., Kharkiv, 61024, Ukraine

UDC 630.4

Causes and trends in defoliation of *Fraxinus excelsior* L. in Ukraine according to forest monitoring data

T. S. Pyvovar¹, O. I. Lialin², V. L. Meshkova³

The aim of the research was to evaluate the main causes and trends in the defoliation of common ash (Fraxinus excelsior L.) trees in different natural zones of Ukraine according to forest monitoring data. Mean defoliation of common ash in 2001-2015 was the highest in the Steppe zone, and the highest proportion of damaged trees (42%) was in the Forest zone. In the Forest zone, diseases played the greatest role in damage to common ash trees, and the proportion of trees damaged by pathogens increased over three five-year periods. In the Forest-Steppe, about half of the damage to common ash trees (48.2%) was associated with abiotic factors, however, it decreased from 64.5% in 2001-2005 to 34.9% in 2011-2015. The proportion of trees affected by pathogens (41.6%) increased from 21.9% in 2001-2005 to 56% in 2011-2015. In the Steppe zone, the proportion of common ash trees damaged by insects prevailed, however, in 2006-2010, it was comparable to drought damage.

The proportion of trees affected by ash dieback and foliage diseases increased from the Forest zone to the Steppe zone. The proportion of trees affected by bacterial cancer (tuberculosis) decreased from the Forest zone to the Steppe zone, and the proportion of trees affected by wood-decaying fungi was the largest in the Forest-Steppe zone.

In the Forest zone and Forest-Steppe zone, bacterial cancer was most common. However, in the Forest-Steppe zone proportion of infected trees decreased from 72.4% in 2001-2005 to 38.9% in 2011-2015.

The proportion of trees affected by ash dieback (caused by invasive fungus Hymenoscyphus fraxineus) increased in all zones and made up 25.8%, 5.9%, and 81.7% of all trees affected by diseases in the Forest, Forest-Steppe, and Steppe zones, respectively. However, in some cases, similar symptoms in the Steppe could be related to non-infectious dieback as a result of a lack of moisture.

Key words: common ash; proportion of damaged trees; ash sawfly; ash dieback; rot; bacterial cancer; foliage diseases.

Introduction. The health condition of many forest tree species has been deteriorating in recent decades (Мацях, Крамарець, 2014; Enderle, Metzler, Riemer, & Kändler, 2018; Гойчук, Дрозда, Кульбанська, 2018; Meshkova, Pyvovar, & Tovstukha, 2019a; Meshkova, Borysova, Didenko, & Nazarenko, 2019b). The

reasons for this deterioration can be abiotic, biotic, and anthropogenic factors, all of which interact and lead to a decrease in resistance, in particular to insect colonization and attack by pathogens (Shvidenko, Buksha, Krakovska, & Lakyda, 2017; Linnakoski, Kasanen, Dounavi, & Forbes, 2019).

¹ Tetiana S. Pyvovar – 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>

² Oleksandr I. Lialin – PhD in Agricultural Sciences, Docent. The G. M. Vysotsky Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration, 86 Pushkinska st., Kharkiv, 61024, Ukraine. Tel.: +38(066)281-21-28. E-mail: o_lyalin@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8921-3605>

³ 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>

The first signs of deterioration in the forest health condition can be detected directly by noting an increase in the number of pests or indirectly by changing the appearance of the crown or stem (Букша та ін., 2011). Obtaining information about forest health over a large area is ensured by forest monitoring which is carried out using the same methodology on a statistically justified network of sample plots. In Ukraine, extensive forest monitoring (I Level) harmonized with European ICP Forest monitoring program (Manual..., 2010) has been developing for more than 30 years, and since 2001, it has been carried out at the national level. However, after the expiration of the State Program "Forests of Ukraine 2010-2015" (Forests of Ukraine, 2009), national-scaled monitoring observations were suspended. After 2015 assessments were carried out only at a limited number of sample plots by scientists from the Forest Monitoring and Certification Laboratory of the Ukrainian Research Institute of Forestry & Forest Melioration named after G.M. Vysotsky.

In forest monitoring sample plots, many parameters are assessed, among which defoliation is considered the most informative (Manual..., 2010). It characterizes not only the direct loss of foliage as a result of damage by various factors (insects, diseases, drought, etc.), but also the insufficient development of foliage due to the deterioration of the health condition of trees.

Common ash (*Fraxinus excelsior* L.) is one of the common forest tree species, which has been deteriorating catastrophically in recent decades in different countries (Davydenko, Vasaitis, Stenlid, & Menkis, 2013; Davydenko et al., 2019; Goberville et al., 2016; Langer, 2017). The area of forests with common ash dominated in the stand composition is 3% of the forested lands of the forest fund of the State Forest Resources Agency of Ukraine and 6% of the total deciduous forests of the country (General characteristics..., 2022). Common ash is represented in different natural zones of Ukraine and grows mainly on fertile fresh, and moist soils, where it is often the second main tree species after English oak (*Quercus robur* L.) (Gordienko, Гойчук, Гордієнко, Леонтьяк, 1996).

In Europe, since the 1990s, ash dieback caused by the fungus *Hymenoscyphus fraxineus* (T. Kowalski) Baral, Queloz & Hosoya appeared to be the main cause of the *Fraxinus* sp. mortality (Skovsgaard et al., 2017). The presence of this pathogen has also been confirmed in different natural zones of Ukraine (Davydenko et al., 2013, 2019). Emerald ash borer (*Agrilus planipennis* Fairmaire, 1888) (Coleoptera: Buprestidae) penetrated the eastern regions of Ukraine (Meshkova et al., 2021). This pest caused the death of *Fraxinus* sp. over a large area in the United States (Schrader et al., 2021) and in many regions of Russia (Selikhovkin et al., 2022). The spread of bacterial cancer (the pathogen – *Pseudomonas syringae* subsp. *savastanoi* pv. *fraxini*) (Janse, 1981; Гойчук та ін., 2018), wood-decaying fungi (Gonthier, & Nicolotti, 2013; Vasaitis, 2013), and foliage browsing insects (in particular, the black ash sawfly *Tomostethus nigrinus* (Fabricius, 1804) (Hymenoptera; Tenthredinidae) (Meshkova, Kukina, Zinchenko, & Davydenko, 2017) are also reported.

An analysis of long-term monitoring data can reveal trends in the general health condition of individual tree species, in particular, common ash, and determine the most important damaging factors in different natural zones of Ukraine. This will make it possible to predict further negative changes and prevent them through forest management or forest protection measures.

An object of research is the health condition of common ash. *The subject of research* is the trends in the health condition dynamics of European ash stands in different natural zones of Ukraine.

The aim of the research was to evaluate the main causes and trends in the defoliation of common ash trees in different natural zones of Ukraine according to forest monitoring data.

Objects and methods. The database of the 1st level forest monitoring for 2001-2015 contains field materials collected by the researchers of the laboratory for Monitoring and Certification of Forests of Ukrainian Research Institute of Forestry & Forest Melioration named after G.M. Vysotsky, the specialists of Production Association "Ukrderzhlisproekt" and State Forestry enterprises. In the analysis, all monitoring plots with at least 3 common ash trees in three natural zones: Forest zone, or Polissia (13 sample plots), Forest-Steppe (112 sample plots), and Steppe (34 sample plots) (Table 1) were included.

Common ash forest stands in a wide range of forest site conditions (from C₁ to D₃), age of stands (from 20 to 140 years old), and origin (vegetative and seed) were presented in the sample.

Crown defoliation was estimated visually as a percentage and then converted to classes: 0 class = defoliation up to 10% (healthy, undamaged tree); 1 class = 11-25% (slightly damaged); 2 class = 26-60% (moderately damaged); 3 class = 60-99% (severely damaged); 4 class – over 99% (dying) (Manual..., 2010).

The causes of damage were identified visually using manuals and guides (Manual..., 2010, Field Guide..., 2017). The proportion of damaged trees was calculated as a percentage of trees with any signs of damage.

Summary statistics, and one-way analysis of variance (ANOVA) with a significance level of $p < 0.05$ (Антраментова, Утевська, 2008) were performed using Microsoft Excel applications and the statistical software package PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis (Hammer, Harper, & Ryan, 2001).

Results. Mean defoliation of common ash varied by sample plots and years of assessment, with the smallest fluctuations in the Forest-Steppe zone (Fig. 1).

Thus, during the period of observation, the annual mean defoliation of ash trees in the pooled sample ranged from $7.8 \pm 0.22\%$ to $10.8 \pm 0.34\%$, exceeding the "damaged" level (defoliation > 10%) only in 2012, 2013, and 2015. At sample plots in the Forest-Steppe zone, annual mean defoliation ranged from $7.6 \pm 0.19\%$ to $9.8 \pm 0.36\%$, which means that ash trees in the region can be considered "not damaged".

Table 1. Natural zones, administrative regions, and forestry enterprises of common ash health condition assessment

Natural zone	Region	Forestry Enterprise
Forest	Chernihiv	Chernihivske, Kholminske, Semenivske
	Lviv	Radekhivske, Zolochivske
	Rivne	Dubenske
	Volyn	Volodymyr-Volynske
Forest-Steppe	Cherkasy	Cherkaske, Chigirynske, Kamianske, Korsun-Shevchenkivske, Lysianske, Smileanske, Umanske, Zvenyhorodske
	Chernihiv	Borznyanske, Prylutske
	Chernivtsi	Khotynske
	Kharkiv	Chuhuievo-Babchanske, Gutyanske, Skrypaivske, Vovchanske, Zhovtneve, Zmiivske
	Khmelnyskyi	Khmelnyske, Starokostiantynivske, Yarmolynetske
	Kirovohrad	Chornoliske
	Kyiv	Bilotserkivske, Boguslavske
	Odesa	Baltske, Savranske
	Poltava	Kremenchutske, Lubenske, Novosanzharske, Poltavske
	Rivne	Mlynivske, Ostrozke
	Sumy	Konotopske, Krasnopilske, Krolevetske, Lebedynske, Okhtyrske, Romenske, Sumske, Trostianetske
	Ternopil	Berezhanske, Buchatske, Chortkivske, Kremenetske, Medobory, Ternopilske
	Vynnytsia	Bershadske, Chechelnytske, Dashivske, Gajsynske, Illinetske, Khmilnytske, Kryzhopilske, Mogyliv-Podilske, Tulchinske, Vynnytske
	Steppe	Dnipropetrovsk
Donetsk		Lymanske, Slovianske, Torezke, Velykoanadolske
Kharkiv		Blyzniukivske, Iziumske, Kupianske
Kherson		Skadovske
Kirovohrad		Kompaniivske
Luhansk		Bilokurakinske, Bilovodske, Ivanivske, Severodonetske, Svativske
Odesa		Ananivske, Kotovske, Odeske, Velykomykhailivske
Zaporizhzhia		Melitopolske, Zaporizke

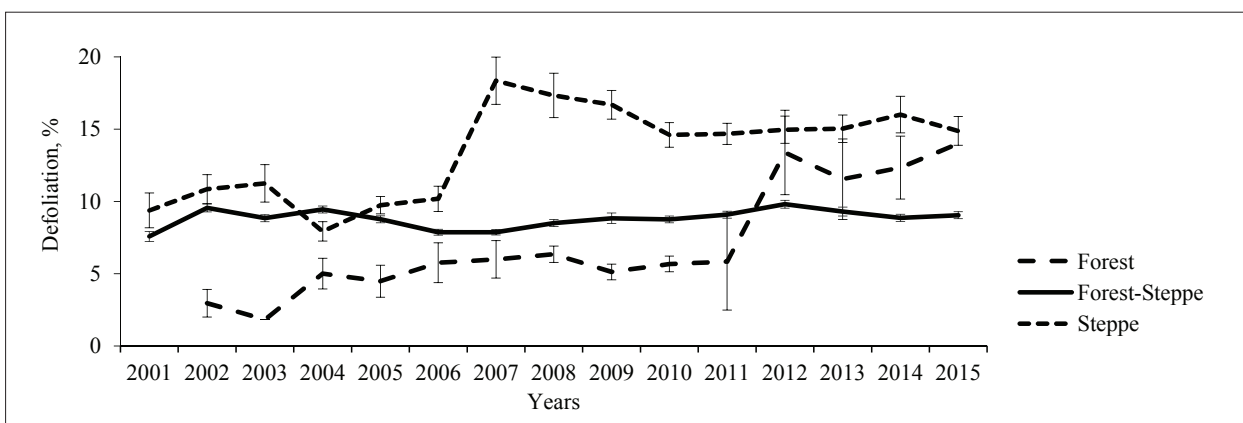


Fig. 1. Dynamics of mean defoliation of common ash trees in different natural zones of Ukraine according to forest monitoring data for 2001-2015 (bars – standard error)

Annual mean defoliation of common ash trees in the Forest zone ranged from 1.8±0.01% to 14.0±3.35%, however, the average annual values for 2001-2015 did not differ significantly from those observed in the Forest-Steppe zone (8.8 and 7.2% in the Forest-Steppe and Forest zones, respectively; $F_{\text{fact.}} = 2.56$; $F_{0.05} = 4.21$). At the same time, in the Forest Zone, the average common ash defoliation increased sharply in 2012 and remained at the level of 12-14% until the end of the observation period (see Fig. 1). Annual average defoliation of common ash trees in the Steppe zone ranged from 7.9±0.6% to 18.4±1.64%, and the average long-term value for the entire observation period (13.5%) was significantly higher than in Forest and Forest-Steppe zones ($F_{\text{fact.}} = 18$; $F_{0.05} = 3.2$; $P = 2.5E^{-0.6}$). In the Steppe zone, the defoliation rate of common ash trees exceeded 10% in 2002-2003 and 2006, and in 2007-2015, ranging from 14.7 to 18.4%, which corresponds to a level of “slightly damaged”.

Taking into account the variation in the defoliation of common ash trees by years and by sample plots, we evaluated the average values and the corresponding standard errors for three five-year periods (Fig. 2).

Analysis of Fig. 2 shows that in 2001-2015 the defoliation of the common ash was the lowest in the Forest zone, medium in the Forest-Steppe, and the highest in the Steppe, and only in the latter case the trees can be considered slightly damaged. In 2006-2010, the minimum common ash defoliation was also registered in the Forest zone, however, the difference with Forest-Steppe is not significant, while in the Steppe, the defoliation remained significantly higher than in other zones, and the trees can be considered “slightly damaged”.

In the last assessment period (2011-2015), the average defoliation of common ash at the sample plots in the Forest-Steppe and Steppe did not significantly differ from the values of the previous period, while in the Forest zone, health condition significantly worsened – ash defoliation increased by 1.84 times and did not significantly differ from that in the Steppe (see Fig. 2). So, despite the relatively worth health condition of ash trees in Steppe during all the observation

period, the most rapid worsening of health condition is observed in Forest zone, so we can assume the impact of some negative factors in the region.

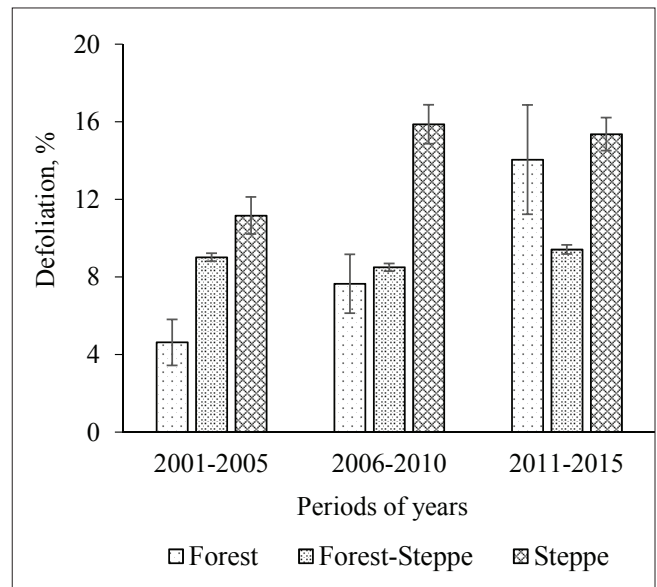


Fig. 2. Mean defoliation of common ash trees in different natural zones of Ukraine according to forest monitoring data for successive periods of 2001-2015 (bars – standard error)

The dynamics of the proportion of damaged trees (“extensiveness” of damage) (Fig. 3) were somewhat different from the dynamics of defoliation (see Fig. 1).

The highest long-term average proportion of damaged trees (42%) was evaluated in the Forest zone ($F_{\text{fact.}} = 4.8$; $F_{0.05} = 3.2$; $P = 0,01$), while in the Forest-Steppe and Steppe (24.9 and 25.4%, respectively) the indicator had no significant differences in the pooled data set ($F_{\text{fact.}} = 0.02$; $F_{0.05} = 4.2$; $P = 0.90$).

Analysis of the proportion of damaged trees grouped by five-year periods (Fig. 4) also indicates a relatively stable value of the extensiveness of ash damage in the Forest-Steppe, a trend toward an increase in this indicator in the Steppe and an increase with a subsequent decrease in the Forest zone.

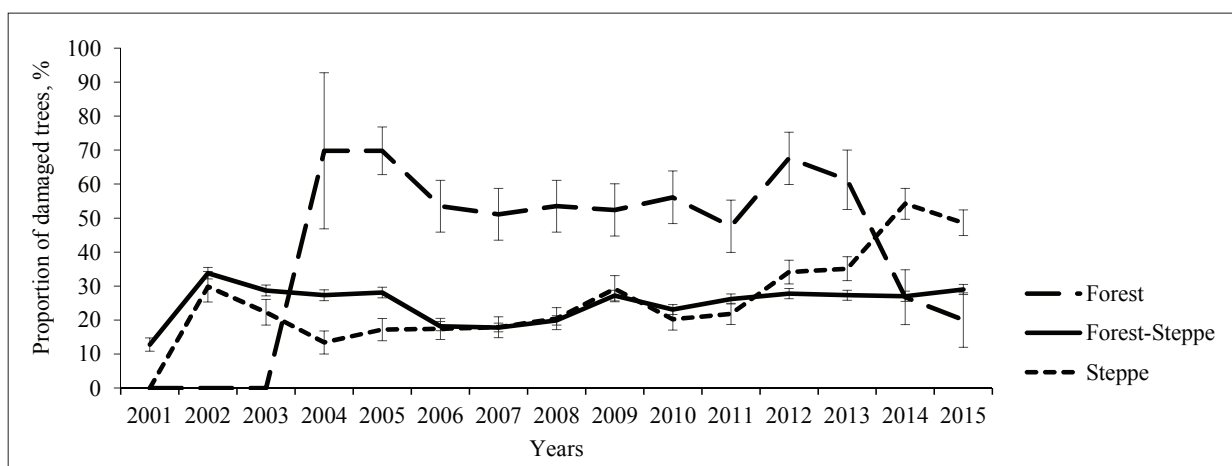


Fig. 3. Dynamics of the proportion of damaged common ash trees in different natural zones of Ukraine according to forest monitoring data for 2001-2015 (bars – standard error)

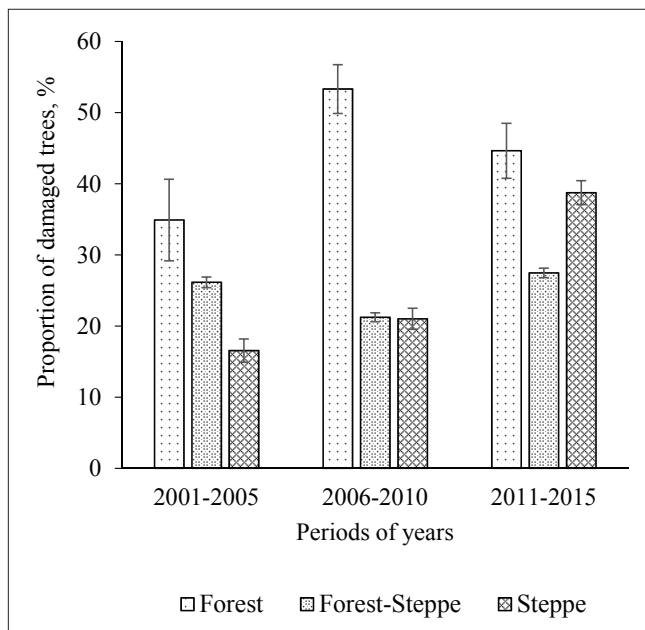


Fig. 4. The proportion of damaged common ash trees in different natural zones of Ukraine according to forest monitoring for successive periods of 2001-2015 (bars – standard error)

In all the periods under consideration, the extensiveness of common ash damage was the highest in the Forest zone.

Analysis of damaging factors (Table 2) showed, that in the Forest zone, diseases played the greatest role in damage to common ash trees, and the proportion of trees damaged by pathogens increased over three five-year periods. Insect damage was the most common in 2001-2005 and subsequently decreased significantly.

A slight increase in the role of abiotic and anthropogenic factors in common ash damage in the Forest zone can be noted when comparing data from three five-year periods (see Table 2).

In the Forest-Steppe, about half of the damage to common ash trees (48.2%) is associated with abiotic factors, however, the proportion of this factor decreases from 64.5% in 2001-2005 to 34.9% in 2011-2015 (Table 2). The proportion of trees affected by pathogens on average over 15 years of observations (41.6%) is slightly inferior to the proportion of trees damaged by climatic factors, but it increases from 21.9% in 2001-2005 to 56% in 2011-2015. The proportion of ash trees damaged by insects in the Forest-Steppe is the highest in 2001-2005, but the level of damage can be considered weak (Manual..., 2010).

Table 2. The proportion of common ash trees damaged by different causes (numerator) and its proportion from all damaged trees (denominator) according to forest monitoring for successive periods of 2001-2015

Causes of damage	Periods of years			
	2001-2005	2006-2010	2011-2015	2001-2015
1	2	3	4	5
Forest zone				
Abiotic	$\frac{0.6 \pm 1.20}{3.9}$	$\frac{1.5 \pm 1.75}{5.3}$	$\frac{1.9 \pm 2.04}{5.4}$	$\frac{1.4 \pm 1.53}{5.1}$
Diseases	$\frac{9.3 \pm 4.42}{58.2}$	$\frac{24.6 \pm 6.15}{85.9}$	$\frac{29.8 \pm 6.82}{83.9}$	$\frac{21.2 \pm 5.41}{79.5}$
Insects	$\frac{5.6 \pm 3.51}{35.3}$	$\frac{2.1 \pm 2.05}{7.3}$	$\frac{0.4 \pm 0.94}{1.1}$	$\frac{2.7 \pm 2.15}{10.1}$
Anthropogenic	$\frac{0.4 \pm 0.99}{2.6}$	$\frac{0.4 \pm 0.92}{1.5}$	$\frac{3.4 \pm 2.7}{9.6}$	$\frac{1.4 \pm 1.56}{5.3}$
Total	$\frac{15.9 \pm 5.58}{100.0}$	$\frac{28.6 \pm 6.46}{100.0}$	$\frac{35.5 \pm 7.13}{100.0}$	$\frac{26.7 \pm 5.86}{100.0}$
Forest-Steppe zone				
Abiotic	$\frac{17.1 \pm 1.25}{64.5}$	$\frac{10.1 \pm 0.99}{46.9}$	$\frac{10.4 \pm 0.99}{34.9}$	$\frac{12.5 \pm 0.99}{48.2}$
Diseases	$\frac{5.8 \pm 0.78}{21.9}$	$\frac{9.8 \pm 0.98}{5.5}$	$\frac{16.7 \pm 1.21}{56.0}$	$\frac{10.8 \pm 0.93}{41.6}$
Insects	$\frac{3.4 \pm 0.60}{12.8}$	$\frac{1.4 \pm 0.39}{6.5}$	$\frac{2.4 \pm 0.50}{8.1}$	$\frac{2.4 \pm 0.46}{9.3}$
Other biotic	$\frac{0.1 \pm 0.12}{0.5}$	$\frac{0.1 \pm 0.12}{0.6}$	$\frac{0.2 \pm 0.14}{0.7}$	$\frac{0.2 \pm 0.12}{0.6}$
Anthropogenic	$\frac{0.1 \pm 0.08}{0.2}$	$\frac{0.1 \pm 0.10}{0.5}$	$\frac{0.1 \pm 0.10}{0.3}$	$\frac{0.1 \pm 0.07}{0.2}$
Total	$\frac{26.5 \pm 1.47}{100.0}$	$\frac{21.5 \pm 1.35}{100.0}$	$\frac{29.8 \pm 1.48}{100.0}$	$\frac{25.9 \pm 1.32}{100.0}$

1	2	3	4	5
Steppe zone				
Abiotic	$\frac{5.1 \pm 1.73}{20.6}$	$\frac{8.8 \pm 2.15}{40.7}$	$\frac{1.5 \pm 0.88}{4.8}$	$\frac{5.1 \pm 1.44}{19.7}$
Diseases	$\frac{5.7 \pm 1.83}{3.0}$	$\frac{4.0 \pm 1.49}{18.5}$	$\frac{10.9 \pm 2.25}{34.6}$	$\frac{6.9 \pm 1.66}{26.6}$
Insects	$\frac{12.7 \pm 2.62}{51.2}$	$\frac{8.4 \pm 2.11}{38.9}$	$\frac{19.1 \pm 2.84}{60.6}$	$\frac{13.4 \pm 2.24}{51.7}$
Anthropogenic	$\frac{1.3 \pm 0.89}{5.2}$	$\frac{0.4 \pm 0.48}{1.9}$	$\frac{0.0}{0.0}$	$\frac{0.5 \pm 0.46}{1.9}$
Total	$\frac{24.8 \pm 3.40}{100.0}$	$\frac{21.6 \pm 3.13}{100.0}$	$\frac{31.5 \pm 3.36}{100.0}$	$\frac{25.9 \pm 2.88}{100.0}$

In the Steppe zone, during the entire analyzed period, the proportion of common ash trees damaged by insects prevails (Table 2). Only in 2006-2010, this proportion is comparable to the proportion of trees damaged by abiotic factors, mainly by drought.

The proportion of trees affected by diseases was the smallest in the Steppe compared to other natural zones. The maximum distribution of trees damaged by anthropogenic factors was registered in 2001-2005 but amounted to only 5.2% of all types of damage.

The periods of increase in the proportion of common ash trees with damaged foliage differed in natural zones (Fig. 5). In the Forest zone in 2004-2005, the proportion of trees with damaged (presumably by insects) foliage reached 13-14% (see Fig. 5). At the same time, crown defoliation did not exceed 5% (see Fig. 1).

In the Forest-Steppe, the proportion of damaged common ash trees was 0.9-3.4% without pronounced peaks and declines (Fig. 5), and defoliation did not exceed 10% (see Fig. 1).

In the Steppe in 2002-2003, more than 10% of the assessed trees were damaged by insects (Fig. 5) with average defoliation of more than 10%. In subsequent years, there was a monotonous increase in average defoliation to 18.4% in 2007, and its maintenance was at a level of over 15% until 2015 (Fig. 1). However, the proportion of trees damaged by insects decreased monotonically from 2003 to 2009 and then increased during 2010-2014 with peak in 2014 (19.1%) (Fig. 5).

All detected diseases of ash trees were divided into four main groups: dieback, rot (wood-decaying fungi), bacterial cancer, and foliage diseases.

In the monitored common ash stands, according to long-term data, an increase in the proportion of trees affected by dieback and leaf diseases was revealed from the Forest zone to the Steppe zone (Table 3).

At the same time, the proportion of ash trees affected by bacterial cancer decreased from the Forest zone to the Steppe zone, and the proportion of trees affected by wood-decaying fungi (rot) was the largest in the Forest-Steppe.

In the Forest zone, bacterial cancer (tuberculosis) was most common. Leaf diseases and rots were much less revealed. Symptoms of ash dieback were first

recorded in 2006-2010, and in the next period, the trees affected by it accounted for 25.8% of all those affected by diseases (see Table 3).

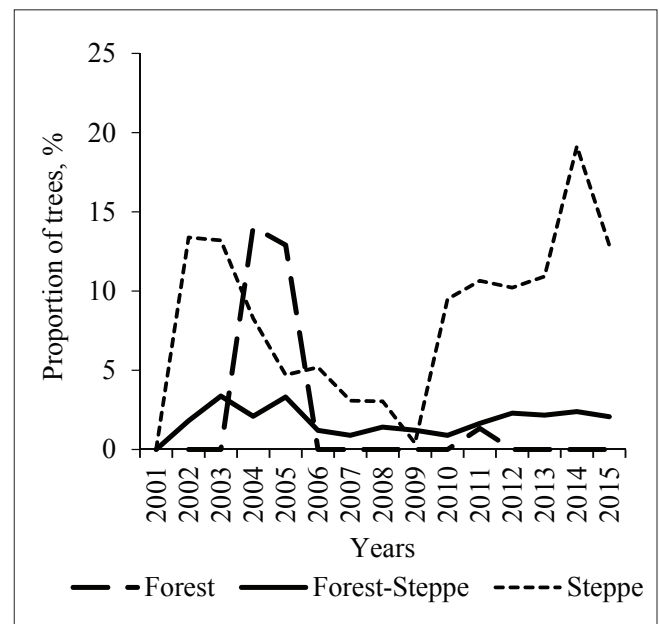


Fig. 5. Dynamics of the proportion of common ash trees, damaged by insects-defoliators in different natural zones of Ukraine according to forest monitoring from 2001 to 2015

In the Forest-Steppe zone, the proportion of trees affected by bacterial cancer also prevailed but tended to decrease from 72.4% in 2001-2005 to 38.9% in 2011-2015. The proportion of trees with rots and leaf diseases has also been decreasing in the last five years. At the same time, the proportion of trees affected by ash dieback increased intensively among all common ash trees affected by diseases (from 3.4% in 2001-2005 to 53.9% in 2011-2015).

In the Steppe zone from 2000 to 2005, most diseased ash trees had symptoms of drying out of the tops and branches. In 2006-2010, this proportion is half as much, and in 2011-2015 it is again quite high (81.7%). Ash trees affected by rot, bacterial cancer, and leaf diseases prevailed in 2006-2010 (Table 3).

Table 3. The proportion of common ash trees damaged by different diseases types (numerator) and its proportion from all diseased trees (denominator) according to forest monitoring for successive periods of 2001-2015

Type of disease	Periods of years			
	2001-2005	2006-2010	2011-2015	2001-2015
Forest zone				
Dieback	$\frac{0.0}{0.0}$	$\frac{0.2 \pm 0.64}{0.8}$	$\frac{7.7 \pm 3.97}{25.8}$	$\frac{2.6 \pm 2.11}{12.3}$
Rot (wood-decaying fungi)	$\frac{0.0}{0.0}$	$\frac{0.1 \pm 0.45}{0.4}$	$\frac{0.7 \pm 1.24}{2.3}$	$\frac{0.2 \pm 0.59}{0.9}$
Bacterial cancer	$\frac{9.3 \pm 4.43}{100.0}$	$\frac{24.3 \pm 6.13}{98.8}$	$\frac{21.2 \pm 6.09}{71.1}$	$\frac{18.3 \pm 5.12}{86.3}$
Foliage diseases	$\frac{0.0}{0.0}$	$\frac{0.0}{0.0}$	$\frac{0.2 \pm 0.67}{0.7}$	$\frac{0.1 \pm 0.42}{0.5}$
Total	$\frac{9.3 \pm 4.43}{100.0}$	$\frac{24.6 \pm 6.15}{100.0}$	$\frac{29.8 \pm 6.82}{100.0}$	$\frac{21.2 \pm 5.41}{100.0}$
Forest-Steppe zone				
Dieback	$\frac{0.2 \pm 0.15}{3.4}$	$\frac{1.5 \pm 0.40}{15.3}$	$\frac{9.0 \pm 0.93}{53.9}$	$\frac{3.5 \pm 0.55}{32.4}$
Rot (wood-decaying fungi)	$\frac{0.8 \pm 0.30}{13.8}$	$\frac{1.4 \pm 0.39}{14.3}$	$\frac{0.9 \pm 0.31}{5.4}$	$\frac{1.1 \pm 0.31}{10.2}$
Bacterial cancer	$\frac{4.2 \pm 0.67}{72.4}$	$\frac{6.5 \pm 0.81}{66.3}$	$\frac{6.5 \pm 0.80}{38.9}$	$\frac{5.7 \pm 0.70}{52.8}$
Foliage diseases	$\frac{0.6 \pm 0.26}{10.3}$	$\frac{0.4 \pm 0.18}{4.1}$	$\frac{0.3 \pm 0.18}{1.8}$	$\frac{0.5 \pm 0.21}{4.6}$
Total	$\frac{5.8 \pm 0.78}{100.0}$	$\frac{9.8 \pm 1.21}{100.0}$	$\frac{16.7 \pm 1.21}{100.0}$	$\frac{10.8 \pm 0.93}{100.0}$
Steppe zone				
Dieback	$\frac{5.4 \pm 1.78}{94.7}$	$\frac{1.9 \pm 1.04}{47.5}$	$\frac{8.9 \pm 2.06}{81.7}$	$\frac{5.4 \pm 1.48}{78.3}$
Rot (wood-decaying fungi)	$\frac{0.0}{0.0}$	$\frac{0.4 \pm 0.48}{10.0}$	$\frac{0.4 \pm 0.46}{3.7}$	$\frac{0.2 \pm 0.29}{2.9}$
Bacterial cancer	$\frac{0.3 \pm 0.43}{5.3}$	$\frac{0.4 \pm 0.48}{10.0}$	$\frac{0.6 \pm 0.56}{5.5}$	$\frac{0.5 \pm 0.46}{7.2}$
Foliage diseases	$\frac{0.0}{0.0}$	$\frac{1.3 \pm 0.86}{32.5}$	$\frac{1.0 \pm 0.72}{9.2}$	$\frac{0.8 \pm 0.58}{11.6}$
Total	$\frac{5.7 \pm 1.83}{100.0}$	$\frac{4.0 \pm 1.49}{100.0}$	$\frac{10.9 \pm 2.25}{100.0}$	$\frac{6.9 \pm 1.66}{100.0}$

Discussion. The average defoliation of ash trees at the sample plots did not exceed 10% in most years of assessment (Fig. 1). As is known (Иерусалимов, 2004), deciduous trees can withstand up to 30% defoliation without worsening their health condition. However, even 100% foliage damage can bring tree mortality only in the case of a threefold repetition. The minimum fluctuations in the defoliation in the Forest-Steppe zone are explained by the fact that this zone has the largest number of sample plots. In the Steppe zone, ash defoliation has changed cyclically over the years of assessment, which is typical for outbreaks of foliage-browsing insects (Meshkova, Рувовар, & Tovstukha, 2019a).

Among the pests of ash foliage in the Forest-Steppe and Steppe of Ukraine in the analyzed years, the black ash sawfly (*Tomostethus nigrinus*) prevailed, the ash weevil *Stereonychus fraxini* (DeGeer, 1775) (Curculionidae) and Spanish fly (*Lytta vesicatoria* (L., 1758) (Coleoptera: Meloidae)) were less common (Meshkova et al., 2017). These insects feed on ash leaves in May, therefore, during the monitoring period (end of July – beginning of August), there is no information about these pests in the Forest zone although they may be found in low numbers. Therefore, it can be assumed that the intensive increase in the level of defoliation in the Forest zone, especially since 2011, is associated with underdevelopment or premature fall

of ash leaves as a result of diseases. In particular, these symptoms are characteristic also of ash dieback caused by *Hymenoscyphus fraxineus* (Enderle et al., 2018).

If the level of defoliation describes the severity of tree damage, then the proportion of trees with damage characterizes its extensiveness (Селиховкин та ін., 2018). The dynamics of these parameters differed from each other and in each natural zone (see Fig. 1 and Fig. 3). The greatest extensiveness of ash foliage damage in the Forest zone (Fig. 4) may be due to the different importance of damage factors in each natural zone. In the Forest zone, diseases prevailed (Маях, Крамарець, 2014; Гойчук та ін., 2018). And even defoliation mentioned as a result of insect damage in 2001-2005 could be the result of overestimation, due to an incorrect diagnosis of the cause of leaf damage. So, with some leaf diseases, necrotic areas fall out, leaving an almost regular rounded hole (Field Guide..., 2017).

The proportion of anthropogenic factors of forest damage in the Forest-Steppe zone is surprisingly low (see Table 2) since their action is often indirect, however, it creates conditions for tree attacks by insects and pathogens, and these causes are mentioned as the main. In the Forest-Steppe zone, in contrast to other zones, damage to common ash trees by other biotic factors, namely, wild animals, mainly ungulates, was also registered (see Table 2). The proportion of trees damaged by wild animals was low (average 0.6%). It was possible because the trees over 20 years old were assessed, which were more resistant to damage by ungulates compared to young trees (Євтушевський, 2012). Contrary to expectations, the damage by wild animals was not found in the Forest zone. It is possible that ungulates in the Forest zone are more provided with food (undergrowth and shrubs) than in the Forest-Steppe zone, and therefore damage trees less (Євтушевський, 2012). The absence of this factor in the Steppe zone can be explained by the lower populations of ungulates in the Steppe zone; however, this issue has not been specifically studied.

The lowest proportion of diseased trees in the Steppe compared to other natural zones (Table 2) may be due to the fact that a certain level of humidity is necessary for the development of pathogens (Gonthier, & Nicolotti, 2013). It is interesting to note that in the Steppe zone in the years of the greatest negative impact of abiotic factors (drought) on the health condition of common ash trees (2006-2010), the lowest prevalence of its diseases (proportion of damaged trees) was also registered (see Table 2).

The high proportion of trees with foliage damage and the low defoliation in the Forest zone indicates that the damage was not caused by foliage-browsing insects. Sometimes leaf damage in the form of small holes can be noted with the development of certain diseases (Field Guide..., 2017). The upward trend in mean ash defoliation in the Forest zone (see Fig. 1), especially after 2011 with a low proportion (about 1%) of trees with insect-damaged foliage (Fig. 5), also indicates that the causes of leaf damage were not insects. Such errors in diagnostics are explained by the fact that monitoring of the health condition of trees is car-

ried out in late July-August (Manual..., 2010), and the majority of foliage-browsing insects feed in May-June (Meshkova et al., 2019a).

Features of the dynamics of defoliation and dynamics of the proportion of trees damaged by insects in the Steppe zone are typical for foliage-browsing insects, in particular, for the black ash sawfly, which during the outbreak in different years damages different groups of trees. Therefore, the defoliation can be high, and the proportion of damaged trees (the most preferred) is low (Meshkova et al., 2017).

In contrast to damage caused by insects at an earlier time than monitored, the symptoms and signs of disease could be detected over a long period of time (Gonthier, & Nicolotti, 2013).

Although the existence of ash dieback has been confirmed in the Steppe zone (Davydenko et al., 2013), mortality of branches and tops can still be observed with other types of damage, for example, with a lack of moisture (Meshkova et al., 2019a).

It is known that visually bacterial cancer and leaf diseases are the most easily diagnosed (Гойчук та ін., 2018). At the same time, the rots can be recognized only in the presence of fruiting bodies of wood-decaying fungi, which are absent in years with insufficient moisture, and less reliably – by indirect signs. Branch mortality may be one of the hallmarks of ash dieback caused by the fungus *Hymenoscyphus fraxineus* but it may also be the result of the deteriorating water supply to the trees (Gonthier, & Nicolotti, 2013).

The results obtained indicate that the health of common ash is deteriorating in different natural zones of Ukraine, but in each of them, its own causes prevail. However, when assessing a large area by different performers, it is possible to underestimate or overestimate individual factors of tree weakening, which complicates the development of measures to prevent the development of pathological processes or mitigate their consequences.

Conclusions. Defoliation of common ash for 15 years had the highest level in the Steppe zone. However, from 2011 to 2015, in the Forest zone defoliation increased by 1.84 times and did not significantly differ from that in the Steppe. The highest average proportion of damaged trees (42%) was in the Forest zone.

In the Forest zone, diseases played the greatest role in damage to common ash trees, and the proportion of trees damaged by pathogens increased over three five-year periods. In the Forest-Steppe, about half of the damage to common ash trees (48.2%) was associated with abiotic factors, however, it decreased from 64.5% in 2001-2005 to 34.9% in 2011-2015. The proportion of trees affected by pathogens (41.6%) increased from 21.9% in 2001-2005 to 56% in 2011-2015. In the Steppe zone, the proportion of common ash trees damaged by insects prevailed. However, in 2006-2010, it is comparable to the proportion of trees damaged by abiotic factors, mainly by drought.

The proportion of trees affected by dieback and leaf diseases increased from the Forest zone to the Steppe zone. The proportion of trees affected by bacterial cancer decreased from the Forest zone to the Steppe zone,

and the proportion of trees affected by wood-destroying fungi was the largest in the Forest-Steppe zone.

In the Forest zone and Forest-Steppe zone, bacterial cancer (tuberculosis) was the most common. However, in the Forest-Steppe zone proportion of infected trees decreased from 72.4% in 2001-2005 to 38.9% in 2011-2015.

The proportion of trees affected by ash dieback (caused by invasive fungi *Hymenoscyphus fraxineus*) increased in all zones and made up 25.8%, 53.9%, and 81.7% of all trees affected by diseases in the Forest, Forest-Steppe, and Steppe zone, respectively. However, in some cases, similar symptoms in the Steppe could be related to non-infectious dieback as a result of a lack of moisture.

Acknowledgments. The paper was prepared by the authors in the framework of a research plan of URIFFM (grants 0115U001201, 0115U001203), which was supported by the State Forest Resources Agency of Ukraine. The authors would like to thank the researchers of the Laboratory for Monitoring and Certification of Forests of Ukrainian Research Institute of Forestry & Forest Melioration named after G.M. Vysotsky, the specialists of Production Association “Ukrderzhlisproekt” and other participants of the field assessment, Prof. V. Pasternak and the anonymous reviewers for their valuable advice for useful and constructive recommendations and text revision.

References

- Davydenko, K., Borysova, V., Shcherbak, O., Krysh-top, Y., & Meshkova, V. (2019) The situation and perspectives of European ash (*Fraxinus excelsior*) in Ukraine: focus on Eastern border. *Baltic Forestry*, 25(1), 193-202. <https://doi.org/10.46490/vol25iss2pp293>
- Davydenko, K., Vasaitis, R., Stenlid, J., & Menkis, A. (2013). Fungi in foliage and shoots of *Fraxinus excelsior* in eastern Ukraine: a first report on *Hymenoscyphus pseudoalbidus*. *Forest Pathology*, 43(6), 462-467. <https://doi.org/10.1111/efp.12055>
- Enderle, R., Metzler, B., Riemer, U., & Kändler, G. (2018). Ash dieback on sample points of the National forest inventory in south-western Germany. *Forests*, 9(1), 25. <https://doi.org/10.3390/f9010025>
- Field Guide for the Identification of Damage on Woody Sentinel Plants* (2017). In A. Roques, M. Cleary, I. Matsiakh & R. Eschen (Eds), CAB International. 300 pp.
- Goberville, E., Hautekèete, N.C., Kirby, R.R., Piquot, Y., Luczak, C., & Beaugrand, G. (2016). Climate change and the ash dieback crisis. *Scientific reports*, 6, 35303. <https://doi.org/10.1038/srep35303>
- Gonthier, P., & Nicolotti, G. (Eds.) (2013). *Infectious forest diseases*. Wallingford UK: CABI
- 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. Retrieved from http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm
- Janse, J.D. (1981). The bacterial disease of ash (*Fraxinus excelsior*), caused by *Pseudomonas syringae* subsp. *savastanoi* pv. *fraxini*. I. History, occurrence and symptoms. *European Journal of Forest Pathology*, 11(5-6), 306-315
- Langer, G. (2017). Collar rots in forests of Northwest Germany affected by ash dieback. *Baltic Forestry*, 23(1), 4-19. Retrieved from https://www.balticforestry.mi.lt/bf/PDF_Articles/2017-23%5B1%5D/Baltic%20Forestry%202017.1_4-19.pdf
- 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>
- Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests* (2010). UNECE, UNECE ICP Forests, Hamburg, 2010. ISBN: 978-3-926301-03-1. [<http://www.icpforests.org/Manual.htm>]
- Meshkova, V., Kukina, O., Zinchenko, O., & Davydenko, K. (2017). Three-year dynamics of common ash defoliation and crown condition in the focus of black sawfly *Tomostethus nigratus* F. (Hymenoptera: Tenthredinidae). *Baltic Forestry* 23(1), 303-308. Retrieved from https://www.balticforestry.mi.lt/bf/PDF_Articles/2017-23%5B1%5D/Baltic%20Forestry%202017.1_303-308.pdf
- Meshkova, V.L., Pyvovar, T.S., & Tovstukha, O.V. (2019a). Health condition parameters for deciduous trees in the forest stands of Trostyanetske Forest Enterprise. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 18, 129-137. <https://doi.org/10.15421/411913>
- Meshkova, V., Borysova, V., Didenko, M., & Nazarenko, V. (2019b). Incidence and severity of symptoms assigned to *Fraxinus excelsior* bacterial disease in the left-bank forest steppe of Ukraine. *Forestry ideas*, 25, 1(57), 171-181. Retrieved from https://forestry-ideas.info/issues/issues_Index.php?pageNum_rsIssue=2&totalRows_rsIssue=16&journalFilter=63
- Meshkova, V.L., Skrylnik, Yu. Ye., Terekhova, V.V., & Kucheryavenko, T.V. (2021) Emerald ash borer (*Agriilus planipennis*) in Kharkiv region. *Modern problems of forestry and ecology: solutions* (Faculty of forestry and ecology – 20 years) Materials of the intern. sci.-pract. conf. (October 7-8, 2021). Zhytomyr: Polesie National University: 125-126. ISBN 978-617-7684-65-6
- Schrader, G., Baker, R., Baranchikov, Y., Dumouchel, L., Knight, K.S., McCullough, D.G., & Gilioli, G. (2021). How does the Emerald Ash Borer (*Agriilus planipennis*) affect ecosystem services and biodiversity components in invaded areas? *EPPO Bulletin*, 51(1), 216-228. <https://doi.org/10.1111/epp.12734>
- Selikhovkin, A.V., Musolin, D.L., Popovichev, B.G., Merkuryev, S.A., Volkovitch, M.G., & Vasaitis, R. (2022). Invasive Populations of the Emerald Ash

- Borer *Agrilus planipennis* Fairmaire, 1888 (Coleoptera: Buprestidae) in Saint Petersburg. *Insects*, 13(2), 191. <https://doi.org/10.3390/insects13020191>
- 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>
- Skovsgaard, J.P., Wilhelm, G.J., Thomsen, I.M., Metzler, B., Kirisits, T., Havrdová, L., & Clark, J. (2017). Silvicultural strategies for *Fraxinus excelsior* in response to dieback caused by *Hymenoscyphus fraxineus*. *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 90(4), 455-472. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpx012>
- Vasaitis, R. (2013). Heart Rots, Sap Rots and Canker Rots. *Infectious forest diseases*, 197-229. Wallingford UK: CABI
- 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)
- Букша, І.Ф., Пастернак, В.П., Пивовар, Т.С., Букша, М.І., Яроцький, В.Ю. (2011). *Методичні матеріали щодо проведення моніторингу лісів І рівня та забезпечення його якості*. Харків: УкрНДІЛГА [Buksha, I.F., Pasternak, V.P., Pyvovar, T.S., Buksha, M.I., & Yarotsky, V.Yu. *Methodical materials for monitoring the level of forests and ensuring its quality*. Kharkiv: UkrNDILGA] (in Ukrainian)
- Гойчук, А.Ф., Дрозда, В.Ф., Кульбанська, І.М. (2018). Туберкульоз ясен звичайного у Західному Поділлі України: етіологія, симптоматика, патогенез. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 16, 31-40. [Goychuk, A., Drozda, V., & Kulbanska, I. (2018). Tuberculosis of ash-trees in Western Podillya of Ukraine: etiology, symptomatology and pathogenesis. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 16, 31-40. <https://doi.org/10.15421/411804>] (in Ukrainian)
- Гордієнко, М.І., Гойчук, А.Ф., Гордієнко, Н.М., Леонтьяк, Г.П. (1996) *Ясени в Україні*. Київ: Сільгоспосвіта [Gordienko, M.I., Goychuk, A.F., Gordienko, N.M., & Leontyuk, G.P. (1996). *Ash in Ukraine*. Kyiv: Agricultural Education] (in Ukrainian)
- Євтушевський, М.Н. (2012). *Мисливські тварини України на волі та в вольєрах*. Черкаси: Вертикаль [Evtushevsky, M.N. (2012). *Hunting animals of Ukraine in the wild and in the enclosures*. Cherkasy: Vertical] (in Ukrainian)
- Загальна характеристика лісів України [General characteristics of Forests of Ukraine*. Retrieved from <https://forest.gov.ua/napryamki-diyalnosti/lisi-ukrayini/zagalna-harakteristika-lisiv-ukrayini> (Accessed 12.04.22)] (in Ukrainian)
- Иерусалимов, Е.Н. (2004). *Зоогенная дефолиация и лесное сообщество*. Москва: Товарищество научных изданий КМК [Jerusalimov, E.N. (2004). *Zoogenic defoliation and the forest community*. Moskov: Association of scientific publications KMK] (in Russian)
- Мацях, І.П., Крамарець, В.О. (2014). Всихання ясен звичайного (*Fraxinus excelsior* L.) на заході України. *Науковий вісник НЛТУ України*, 24(7), 67-74 [Matsiakh, I.P., & Kramarets, V.O. (2014). Declining of Common Ash (*Fraxinus excelsior* L.) in Western Ukraine. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 24(7), 67-74. Retrieved from https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2014/24_7/index.htm] (in Ukrainian)
- Державна цільова програма «Ліси України» на 2010-2015 роки*. Затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 16 вересня 2009 р., № 977. Київ [State target program "Forests of Ukraine" for 2010-2015. Approved by the resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated September 16, 2009, No. 977. Kyiv. Retrieved from <https://www.kmu.gov.ua/npras/242334419>] (in Ukrainian)
- Селиховкин, А.В., Барышникова, С.В., Денисова, Н.В., Тимофеева, Ю.А. (2018). Видовой состав и динамика плотности популяций доминирующих чешуекрылых-дендрофагов (Lepidoptera) в Санкт-Петербурге и его окрестностях. *Энтомологическое обозрение*, 97(4), 617-639. [Selikhovkin, A.V., Baryshnikova, S.V., Denisova, N.V., & Timofeeva, Yu.A. (2018). Species composition and population dynamics of dominant lepidoptera (Lepidoptera) populations in St. Petersburg and its environs. *Entomological Review*, 97(4), 617-639. <https://doi.org/10.1134/S0367144518040032>] (in Russian)

Причини і тенденції дефоліації *Fraxinus excelsior* L. в Україні згідно з даними моніторингу лісів

Т.С. Пивовар¹, О.І. Лялін², В.Л. Мешкова³

Мета роботи полягала в оцінюванні основних причин і тенденцій динаміки дефоліації дерев ясен звичайного у різних природних зонах України за даними моніторингу лісів. База даних моніторингу лісів І рівня за 2001-2015 рр. містить резуль-

¹ Пивовар Тетяна Сергіївна – 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>

² Лялін Олександр Іванович – кандидат сільськогосподарських наук, доцент. Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г.М. Висоцького, вул. Пушкінська, 86, Харків, 61024, Україна. Тел.: +38(066)281-21-28. E-mail: o_lyalin@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8921-3605>

³ Мешкова Валентина Львівна – 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(097)371-94-58. E-mail: Valentynameshkova@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6483-2736>

тати польових спостережень, проведених науковцями лабораторії моніторингу і сертифікації лісів Українського науково-дослідного інституту лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького, фахівцями ВО «Укрдержліспроект» і лісогосподарських підприємств. До аналізу включено ділянки з наявністю не менше трьох дерев ясена звичайного у Поліссі (Лісова зона), Лісостепу і Степу.

Найвищий рівень дефоліації ясена впродовж 15 років відзначено у Степу, а найменшу її мінливість – у Лісостепу. Водночас протягом 2011-2015 рр. дефоліація ясена у Лісовій зоні збільшилася в 1,84 раза та значуще не поступалася показнику у Степу.

Найбільшу середню частку дерев з наявністю пошкоджень (42%) встановлено у Лісовій зоні. Показник був порівняно стабільним у Лісостепу, мав тенденцію до збільшення у Степу з наступним зменшенням у Лісовій зоні.

У Лісовій зоні в ураженні дерев ясена провідну роль посідають хвороби. Частка уражених дерев мала тенденцію до збільшення впродовж трьох п'ятирічних періодів. У Лісостепу близько половини пошкоджень дерев ясена (48,2%) пов'язані з абіотичними чинниками, причому ця частка зменшилася від 64,5% у 2001-2005 рр. до 34,9% у 2011-2015 роках. Частка дерев, уражених патогенами (41,6%), збільшилася з 21,9% у 2001-2005 рр. до 56% у 2011-2015 роках. У Степу переважає частка дерев, пошкоджених комахами, переважно чорним ясенним пильщиком (*Tomostethus nigritus* (Fabricius,

1804)). Водночас у 2006-2010 рр. цей показник дуже близький до частки дерев, пошкоджених абіотичними чинниками, зокрема посухою.

Основними групами хвороб ясена були такі: халаровий некроз (збудник – *Hymenoscyphus fraxineus* (T. Kowalski) Baral, Queloz & Hosoya (Queloz et al. 2011)), гнилі (спричинені дереворуйнівними грибами), бактеріальний рак або туберкульоз (збудник – *Pseudomonas syringae* subsp. *savastanoi* pv. *fraxini*) та хвороби листя.

Частка дерев з ознаками периферійного відмирання крони і хворобами листя збільшувалася від Лісової до Степової зон. Частка дерев, уражених бактеріальним раком, зменшувалася від Лісової до Степової зон, а частка дерев, уражених дереворуйнівними грибами, була найбільшою у Лісостепу.

Бактеріальний рак ясена найчастіше виявляли у Лісовій і Лісостеповій зонах. Водночас у Лісостеповій зоні частка уражених дерев зменшилася від 72,4% у 2001-2005 рр. до 38,9% – у 2011-2015 роках.

Частка дерев, уражених халаровим некрозом, збільшувалася в усіх природних зонах і становила у 2011-2015 рр. 25,8; 53,9 і 81,7% від усіх уражених хворобами дерев у Лісовій, Лісостеповій і Степовій зонах відповідно. Водночас у деяких випадках у Степу подібні симптоми можуть бути пов'язані з неінфекційним периферійним відмиранням крони внаслідок дефіциту вологи.

Ключові слова: ясен звичайний; частка пошкоджених дерев; чорний ясеневий пильщик; халаровий некроз; гнилі; дереворуйнівні гриби; бактеріальний рак; хвороби листя.



УДК 630*524.61

Покутські Карпати як природно-лісогосподарський регіон Українських Карпат

П. І. Ванджурак¹, Ю. М. Дебринюк²

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 майже 1500 м н.р.м.

Як базові, межі Покутських Карпат нами прийняті за фізико-географічним районуванням З. В. Гостюк та А. В. Мельника (2017). Проте межі фізико-географічних одиниць не завжди співпадають з межами поширення деревних видів. Для цілей лісогосподарювання основними є децю інші чинники – природне поширення деревних видів, склад лісових насаджень, типи лісорослинних умов, типи лісу, направленість ведення лісового господарства. В окремих випадках насадження з перевагою у складі тих чи інших деревних видів виходять за межі фізико-географічного району, що є цілком логічно, адже для цілей ведення лісового господарства основну увагу акцентують на лісорослинних умовах і типах лісу, а не на геологічних рубежах.

Межі Покутських Карпат за базовими факторами, як основи раціонального лісогосподарювання – типами лісорослинних умов, типами лісу, видовим складом корінної деревної рослинності, економічними умовами ведення лісового господарства уточнювали шляхом використання методу накладення. Встановлена площа вкритих лісовою рослинністю земель Покутських Карпат складає 42,3 тис. га, а загальна площа земель лісогосподарського призначення – 44,7 тис. га.

Лісостани Покутських Карпат мають загалом природне походження. Частка лісових культур серед них становить в середньому 20,5%. Площа штучних насаджень в межах лісогосподарських одиниць коливається в значних межах (від 65 до 1697 га). 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 зрубаними та незімкнутими лісовими культурами.

Ключові слова: Покутсько-Буковинські Карпати; фізико-географічний регіон; природно-господарський район; лісогосподарські об'єкти; лісогосподарські межі Покуття.

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. Близь-

ко 30,3% території Покуття віднесено до природно-заповідного фонду.

У літературних джерелах 17-18 ст. цю територію називали «кутом» Галичини, звідки й походить назва «Покуття». Покутськими Карпатами вважають невисокі за абсолютними висотами (700-800 м н.р.м.) гори (низькогірні хребти), які про-

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: debryniuk_ju@ukr.net ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0994-349X>

стягаються 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. Покуття трактують також як історико-географічну область України у південно-східній частині Івано-Франківської обл. (Геогр. енцикл. України, 1993).

За *геоботанічним* районуванням України (Білик та ін., 1977) Покутські Карпати, як окрему рангову одиницю, не виділяють. Вони входять до складу Покутсько-Буковинського підрайону Болахівсько-Берегометського району Карпатського округу. Територію підрайону поділено на дві частини: низькогір'я (до 800 м н.р.м.) та зі стрімкими схилами середньогір'я (до 1483 м н.р.м., г. Ротило). За *лісогосподарським* районуванням (Генсірук та ін., 1981) територію Покутських Карпат віднесено до Зовнішніх Карпат з буковими і темнохвойно-буковими лісами Гірськокарпатського лісогосподарського округу. За *фізико-географічним* районуванням (1968) Покутські Карпати віднесено до підобласті Покутсько-Буковинських Карпат області Зовнішніх Карпат. Варто зауважити, що у згаданих районуваннях йдеться про Покутсько-Буковинські Карпати, тоді як окремо Покутські Карпати, як район (чи регіон), не виділяли.

Загалом гірська територія Покутсько-Буковинських Карпат представлена системою паралельних хребтів (найбільші з них – Карматура, Кам'янистий, Брусний, Сокільський, Шурдин), розділених річковими долинами Пістиньки, Рибниці, Черемошу, Серету та ін. (Геогр. енцикл. України, 1993).

З.В. Гостюк, А.В. Мельник (2017b) розглядають Покутські Карпати як історико-географічний або природно-господарський район, який охоплює гірську Карпатську частину Покуття і знаходиться в межах Косівського і частково – Верховинського районів Івано-Франківської області. Південно-східною межею Покутських Карпат автори вважають р. Черемош, а північно-східна, північно-західна та південно-західна межі співпадають з межами фізико-географічних районів низькогірних і середньогірних хребтів Покутсько-Буковинських Карпат. Межі цих районів загалом співпадають з межами геоморфологічних підрайонів Покутського низькогір'я та середньогір'я.

Потрібно зазначити, що між Покутськими та Буковинськими Карпатами існують певні відмінності в природних умовах, зокрема, у геологічній будові та рельєфі (Гостюк, 2018). Ці складові, безсумнівно, мають вплив на ґрунтово-кліматичні умови, що, своєю чергою, зумовлює формування на території Покуття лісових фітоценозів характерного складу і продуктивності, відмінного від таких на сусідніх територіях. Тому існують вагомий підстави розглядати Покутські Карпати як окремий цілісний природно-господарський регіон, який потребує вивчення з погляду охорони і раціонального використання природних ресурсів, насамперед – лісових.

Згідно схеми фізико-географічного районування Українських Карпат (Цись, 1964; Рыбин, Цись, 1968), Покутські Карпати віднесено до фізико-географічної області Зовнішніх Карпат, підобласті Покутсько-Буковинських Карпат, яку поділяють на два райони – низькогір'я та середньогір'я. Покутські Карпати займають північно-західні частини двох районів – низькогірних і середньогірних хребтів Покутсько-Буковинських Карпат.

Подібні природно-територіальні одиниці знаходимо і на схемі фізико-географічного районування України, розробленою О.М. Мариничем та ін. (2009). На території Покутських Карпат, які віднесено до Зовнішньокарпатської фізико-географічної області, виділено два райони – Космацько-Вижницький та Криворівнянсько-Дихтинський.

Л.І. Воропай, М.О. Куниця (1996) у схемі районування Українських Карпат виділили окремий фізико-географічний район – Покутські Карпати, територія якого простягається від р. Прут до р. Черемош та її лівої притоки – р. Чорний Черемош у вигляді низки середньогірних хребтів. К.І. Геренчук (1968) у межах Покутських Карпат 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: I – район середньогірних Покутсько-Буковинських Карпат з дев'ятьма ландшафтами; II – район низькогірних Покутсько-Буковинських Карпат з 11-ма ландшафтами. Загалом, ландшафти Покутських Карпат згадані вище автори об'єднують у два види – Покутський середньогірний, який належить до Середньо-скибового типу ландшафту та Покутський низькогірний, що належить до Низькогірно-скибового типу ландшафту. Різка зміна стрімкості схилів фіксує природну межу між Покутським низькогір'ям і Верховинським середньогір'ям.

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 місцезонами 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.

Метою роботи є встановлення переліку і площ лісогосподарських об'єктів, уточнення їхніх меж, що відносяться до регіону Покутських Карпат, а також категорій земель та їхніх площ.

Методичні підходи (Methodological approaches). Визначення місця Покутських Карпат у системі лісогосподарського районування Українських Карпат ми здійснили шляхом аналізу існуючих схем геоботанічного (Білик та ін., 1977), лісорослинного (Горшенин, Шевченко, 1954) та лісогосподарського (Генсірук та ін., 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 (Иваненко, 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 (1:200 000) з горизонталлями, проведеними через 20 м. Також використовували карти-схеми категорій лісів лісогосподарських підприємств, які провадять свою діяльність на території Покутських Карпат.

Результати досліджень (Research results). Межі Покутських Карпат добре виражені рельєфно і загалом узгоджуються з геологічними рубежами, елементами гідрологічної мережі, межами фізико-географічних, геоботанічних і лісорослинних районів.

Як базові, межі Покутських Карпат нами прийняті за фізико-географічним районуванням, розробленим для цього регіону З.В. Гостюк та А.В. Мельником (2017b). Проте потрібно зауважити, що межі фізико-географічних одиниць не завжди співпадають з межами поширення деревних видів. Для цілей лісогосподарювання основними є дещо інші чинники – природне поширення деревних видів, склад лісових насаджень, типи лісорослинних умов, типи лісу, направленість ведення лісового господарства. В окремих випадках насадження з перевагою у складі тих чи інших деревних видів виходять за межі фізико-географічного району, що є цілком логічно, адже для цілей ведення лісового господарства основну увагу акцентують на лісорослинних умовах, а не на геологічних рубежах. Поряд з цим, рослинний покрив нами розглядається 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.

Межі регіону, з погляду раціонального ведення лісового господарства, визначені видовим складом корінної деревної рослинності, характерними типами ґрунтів і ґрунтотвірних порід, кліматичними умовами, а також економічними можливостями ведення лісового господарства.

Отже, південно-східна межа Покутських Карпат, з урахуванням типів лісу і складу корінних лісостанів, проходить по р. Черемош від с. Устеріки до с. Тюдів, де повертає на північний захід, проходячи поблизу с. Старі Кути, м. Косів, с. Уторопи та смт Яблунів, утворюючи північно-східну межу регіону. Північна межа Покутських Карпат проходить по лінії смт Яблунів–с. Люча–с. Текуча, включаючи кв. 25-31 Березівського л-ва. Західна межа Покутських Карпат проходить між Покутським і Ворохтянсько-Кривопільським середньогір'ям, виділений К.І. Геренчуком (1968), що загалом співпадає з межею лісового фонду Космацького л-ва. Далі межа Покуття проходить по малому вододілу між річками Прутець Чемерівський і Лючка, захоплюючи лісові масиви урочищ Волова та Бережниця, проходячи по верхів'ї р. Волова, далі – по хребту Діл, опускаючись до р. Ільця в с. Кривопілля, і далі – по р. Чорний Черемош через села Верхній Ясенів, Рівня, Вигода, утворюючи південну (південно-західну) межу Покутських Карпат, включаючи лісовий фонд Устеріцького л-ва філії «Гринявське ЛГ» (рис.).

Подібним чином фізико-географічну південно-західну межу Покутських Карпат визначено З.В. Гостюк та А.В. Мельником (2017b) – від присілка Стаїще (с. Кривопілля) до с. Стебні (дещо на південь від с. Устеріки).

Лісове господарювання на території Покуття здійснюють шість лісокористувачів (табл.). Зокрема, лісовий фонд Косівського РП «Райагроліс» займає найбільшу територію Покутських Карпат і представлений лісостанами п'яти лісництв загальною площею 13471,6 га. Дещо меншу площу на території лісів Покуття займають лісостани філії «Кутське ЛГ», представлені лісовим фондом п'яти лісництв загальною площею 10401,7 га.

До складу Покутських Карпат також віднесено частину території НПП «Гуцульщина» загальною площею 6728 га. Так, лісовий фонд Шешорського і Косівського ПНДВ до складу регіону входить повністю, а Старокутського ПНДВ – лише частково.

Подібну площу (5554,4 га) на території Покуття займають лісові масиви Верховинського районного лісгоспу, представленого трьома лісництвами, з яких лісостани Верхньоаясенівського л-ва входять до складу регіону повністю, а Верховинського і Довгопільського – лише частково.

Лісовий фонд філії «Верховинське ЛГ» представлений на території Покутських Карпат двома лісництвами загальною площею 5311,4 га, а філії «Гринявське ЛГ» – лише Устеріцьким лісництвом (2877 га), лісовий фонд якого повністю віднесено до регіону Покутських Карпат.

Схили до 800 м (низькогірна частина) вкриті переважно буковими, ялицево-буковими, рідко –

буково-ялицевими лісами. У середньогірній частині Покутських Карпат (900–1500 м) переважають буково-ялицево-смерекові, ялицево-смерекові та чисті смерекові лісостани. З цього погляду, доцільно надати коротку характеристику лісового фонду у розрізі лісництв, що входять до складу природно-лісогосподарського регіону Покутські Карпати.

Так, лісовий фонд Кутського л-ва повністю віднесено до складу низькогірної частини Покутських Карпат, який утворює частину південно-східної межі регіону. Переважають тут букові лісостани природного походження. Невелика частина лісів представлена штучними деревостанами (дещо більше 300 га).

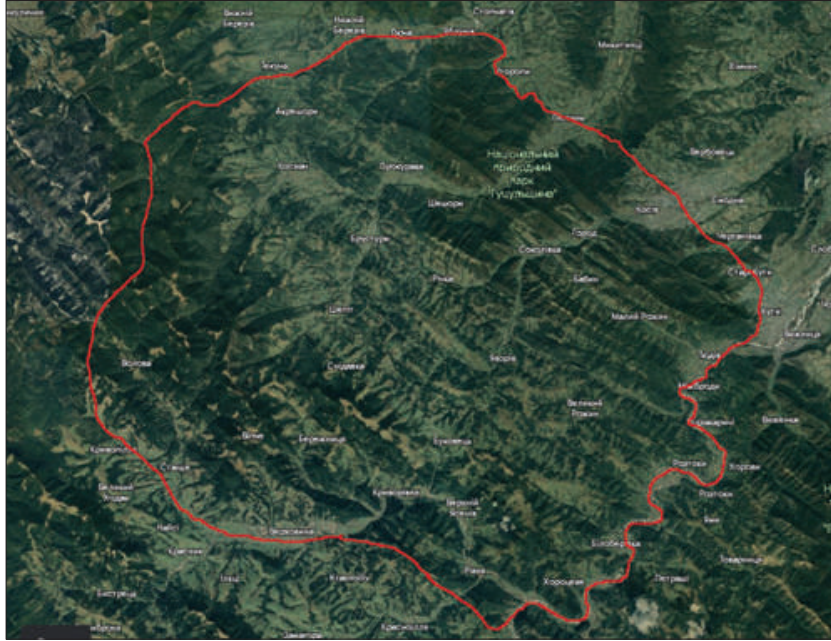


Рис. Схема-карта Покутських Карпат

Fig. Schematic map of the Pokuttya Carpathians

Таблиця. Розподіл площі земель лісогосподарського призначення за їх категоріями в розрізі організацій-користувачів лісового фонду

Table. Distribution of the area of forestry land by category according to the organization-users of the forest fund

№ з.п.	Назва організації	Перелік кварталів, що відносяться до регіону	Вкриті лісовою рослинністю ділянки, га	В т.ч. лісові культури, га	Не вкриті лісовою рослинністю ділянки, га	Разом лісових ділянок, га	Нелісові землі, га	Загальна площа земель л/г призначення, га
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Кутське л-во філія «Кутське ЛГ»	усі квартали	2038,4	311,4	61,1	2099,5	24,5	2124,0
2	Старокутське ПНДВ НПП «Гуцульщина»	кв. 1-9, 24, 25	877,0	78,5	31,9	908,9	4,1	913,0
3	Кобаківське л-во РП «Косівський райагроліс»	кв. 22, 26, 27, 29-35	1182,2	100,3	29,2	1211,4	6,6	1218,0
4	Косівське л-во філія «Кутське ЛГ»	кв. 20-22, 23-26	591,4	65,7	11,3	602,7	4,3	607,0
5	Косівське ПНДВ НПП «Гуцульщина»	усі квартали	1637,7	292,1	61,5	1699,2	17,8	1717,0
6	Шешорське ПНДВ НПП «Гуцульщина»	усі квартали	3959,7	513,6	160,2	4119,9	35,1	4155,0

1	2	3	4	5	6	7	8	9
7	Яблунівське л-во філія «Кутське ЛГ»	усі квартали, окрім кв. 1-6, 32-34	2360,3	610,9	69,0	2429,3	30,7	2460,0
8	Нижньоберезівське л-во РП «Косівський райагроліс»	кв. 4, 7, 8, 11, 12, 15, 19-23, 26, 28-34	1822,7	265,3	63,9	1886,6	2,4	1889,0
9	Березівське л-во філія «Кутське ЛГ»	кв. 25-31	870,7	94,9	53,2	923,9	15,1	939,0
10	Космацьке л-во філія «Кутське ЛГ»	усі квартали	4223,5	1459,3	122,8	4346,3	61,7	4408,0
11	Шепітське л-во РП «Косівський райагроліс»	усі квартали	2682,3	1219,0	33,5	2715,8	19,2	2735,0
12	Верховинське л-во філія «Верховинське ЛГ»	усі квартали, окрім кв. 20-26	4089,6	1696,8	269,6	4359,2	47,6	4406,8
13	Верховинське л-во Верховинського районного лісгоспу	кв. 4-6, 12, 13, 15, 16, 21-28	1606,1	125,8	91,0	1697,1	14,9	1712,0
14	Верхньоаясенівське л-во Верховинського районного лісгоспу	усі квартали	2966,8	356,1	169,5	3136,3	18,7	3155,0
15	Красницьке л-во філія «Верховинське ЛГ»	кв. 1-10	908,5	146,3	43,7	952,2	16,3	968,5
16	Довгопільське л-во Верховинського районного лісгоспу	кв. 2-6, 14, 16	693,8	89,5	27,2	721,0	–	721,0
17	Устеріцьке л-во філія «Гринявське ЛГ»	усі квартали	2507,4	793,7	369,6	2877	14,0	2891,0
18	Яворівське л-во РП «Косівський райагроліс»	усі квартали	3567,7	260,7	195,2	3762,9	35,1	3798,0
19	Роженське л-во РП «Косівський райагроліс»	усі квартали	3743,6	218,0	151,3	3894,9	17,1	3912,0
	Всього		42329,4	8697,9	2014,7	44344,1	385,2	44729,3

Поряд із лісовим фондом Кутського л-ва, південно-східну межу Покуття формує частина насаджень Старокутського ПНДВ НПП «Гуцульщина» (кв. 1-9, 24, 25), що знаходяться на південний захід від м. Косова в бік сіл Город і Бабин.

За характерним складом деревної рослинності і типами лісу до складу Покутських Карпат віднесено також частину лісового фонду Кобаківського л-ва РП «Райагроліс» (кв. 22-26, 27, 29-35), що розташовані на південний захід від сіл Старі Кути і Черганівка та представлені буковими і грабово-буковими лісостанами.

Лісовий фонд Косівського л-ва до складу регіону входить лише частиною, представлений низькогір'ям (кв. 20-26), вкритого переважно буковими лісами. Інша частина лісового фонду лісництва виходить за межі Покутських Карпат, і представлена буковими та дубово-буковими лісами.

Поряд із лісовим фондом Косівського л-ва, північно-східну межу Покутських Карпат формують також ліси Косівського і Шешорського ПНДВ НПП «Гуцульщина», які територіально повністю входять до складу регіону і представлені буковими та ялицево-буковими лісостанами. Ліси розташовані переважно в межах водозбору р. Пістинька.

Лісові масиви Косівського ПНДВ, а також переважна більшість лісових масивів Шешорського ПНДВ відносяться до низькогірної частини Покуття. Виняток становить невелика частина лісів у районі хребта Брусний (Шешорське ПНДВ), де висоти складають понад 800 м н.р.м.

Лісовий фонд Яблунівського л-ва майже повністю входить до складу низькогірної частини Покуття, представлений буковими та ялицево-буковими лісостанами, окрім кв. 1-6 (за межами р. Лючка, яка обмежує північну частину Покуття) і кв. 32-34, які

також знаходяться за північно-східною межею регіону і представлені буковими лісами з домішкою граба звичайного і дуба звичайного.

Північно-західну межу Покутських Карпат формують ліси Нижньоберезівського л-ва (РП «Райагроліс»), більша частина яких представлена буковими лісостанами і менша – буково-ялицево-смерековими, що межують безпосередньо з лісовим фондом Космацького л-ва. Частина лісового фонду Нижньоберезівського л-ва знаходиться за північною і північно-східною межами Покутських Карпат.

Лісовий фонд Березівського л-ва входить до складу регіону частково (кв. 25-31), який розташований на правому березі р. Лючка, і визначає північну межу Покутських Карпат. Лісовий фонд представлений високопродуктивними буковими деревостанами, що ростуть в умовах свіжих і вологих бучин та субучин.

Лісовий фонд Космацького л-ва визначає північно-західну межу Покуття і більшою мірою представляє середньогірну частину регіону. Західна межа лісового фонду Космацького л-ва співпадає з межею Ворохтянсько-Кривопільського середньогір'я. Лісовий фонд представлений буково-ялицево-смерековими, ялицево-смерековими та у найвищій частині – смерековими лісостанами. На території лісового фонду Космацького л-ва знаходяться одна із найбільших вершин Покутських Карпат – г. Грегит (1472 м).

У межах басейну р. Брустурка (с. Шепіт, с. Брустури) знаходиться лісовий фонд Шепітського л-ва площею 2735 га, представлений переважно низькоповнотними ялицево-буковими та буково-ялицево-смерековими лісостанами. У межах території лісництва на землях сільськогосподарського призначення в 50-60-ті роки минулого століття були створені монокультури ялини, які на сьогодні, внаслідок зміни клімату та антропогенного впливу, повністю розладнані.

Західна межа Покутських Карпат в їхній середньогірній частині представлена також смерековими, з домішкою бука та ялиці, лісами Верховинського л-ва філії «Верховинське ЛГ». У цій частині західна межа регіону в основному співпадає з межею лісового фонду лісництва, окрім кв. 20-26, що відносяться до Ворохтянсько-Кривопільського середньогір'я. На території лісового фонду лісництва знаходяться найбільші вершини Покутських Карпат (Ротило, Хорде, Версале, Біла Кобила). В цьому районі чітко виділяється частина західної межі Покутських Карпат – по вододілу між річками Прутєць Чемерівський і Лючка. Обидві річки належать до басейну р. Прут.

Окремими масивами, що прилягають до лісового фонду Верховинського л-ва філії «Верховинське ЛГ», представлені смерекові лісостани Верховинського л-ва Верховинського районного лісгоспу. Ліси розташовані в межах урочищ Волова, Чорний Потік, Віпче. Такими ж смерековими лісостанами представлений лісовий фонд Верхньоосенів-

ського л-ва, який повністю знаходиться в межах досліджуваного регіону і разом з лісовим фондом Устеріцького л-ва формує південно-західну межу Покутських Карпат.

До Покутських Карпат також віднесено кв. 1-10 Красницького л-ва (ур. Бережниця) філії «Верховинське ЛГ», які знаходяться в межах водозбору р. Бережниця.

Південна частина Покутських Карпат представлена частиною лісового фонду Довгопільського л-ва (кв. 2-6, 14, 16) та лісовим фондом Устеріцького л-ва, що розташовані на лівому березі р. Чорний Черемош і представлені ялицево-смерековими і смерековими лісами. Частина лісів Довгопільського л-ва знаходиться в басейні р. Білий Черемош – за межами Покутських Карпат.

Більша частина лісового фонду Яворівського л-ва представлена буковими та ялицево-буковими з домішкою смереки лісами. Лісові масиви розміщені в основному в межах водозбору р. Рибниця і відносяться до низькогірної частини Покуття. Виняток становить невелика площа лісостанів, розташованих в районі хребта Сокільський, де висоти становлять понад 800 м н.р.м.

Безпосередньо з лісовими масивами Яворівського л-ва межують ліси Роженського л-ва, які формують більшу частину південно-східної межі Покутських Карпат – до р. Черемош. Ліси представлені переважно ялицевими та смереково-ялицевими лісами і відносяться до низькогірної частини Покуття.

Лісостани Покутських Карпат мають загалом природне походження. Частка лісових культур серед них становить в середньому 20,5%. Площа штучних насаджень в межах лісгосподарських одиниць коливається 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 становить лише 4,8% і також змінюється в значних межах – від 11 до 370 га. Не вкриті лісовою рослинністю землі представлені переважно свіжими зрубами та незімкнутими лісовими культурами.

Нелісові землі у загальній площі земель лісгосподарського призначення Покутських Карпат займають незначну частку (0,86%).

Дискусія (Discussion). Низка дослідників (Горшенин, Шевченко, 1954; Воропай, Куниця, 1966; Рыбин, Цысь, 1968; Білик та ін., 1977; Генсірук та ін., 1981) Покутські Карпати окремо не виділяли, а описували їх як частину Покутсько-Буковинських Карпат або інших територіальних одиниць. Проте М.М. Койнов (1973) на території Івано-Франківської обл. виділив три фізико-географічні області – Покутські Карпати, Горгани та Гуцульські Карпати або Чорногоро-Гринявські гори. За цією схемою районування Покутські Карпати розташовані в межах двох фізико-географічних районів – Покутських Карпат і Запрутських Горган.

На відмінності в природних умовах між Покутськими та Буковинськими Карпатами (насамперед – у геологічній будові та рельєфі) звернула увагу З.В. Гостюк (2018). Поряд з цим, З.В. Гостюк, А.В. Мельник (2017b) не вважають Покутські Карпати окремою одиницею фізико-географічного районування, оскільки межі регіону співпадають з межами ландшафтних одиниць різних рангів – ландшафтів, ландшафтних районів та ландшафтних областей. З іншого боку, подібність природно-кліматичних умов на території Покуття зумовлює формування лісової рослинності специфічного складу та високої продуктивності, вивчення особливостей природного та штучного відновлення якої, встановлення її ресурсного потенціалу, забезпечення раціонального господарського використання є важливою передумовою розробки науково-обґрунтованих заходів зі збалансованого розвитку лісового господарства регіону.

Межі території Покутських Карпат дослідники окреслюють по різному. Ці межі залежать від того, який вид районування розробляють – фізико-географічне, геоморфологічне, ландшафтне тощо. В кожному випадку вибирають ті критерії, які задовольняють умови конкретного виду районування.

Зокрема, під час розробки ландшафтного районування Покутських Карпат З.В. Гостюк, А.В. Мельник (2017a) враховували геологічну будову, літологічний склад, потужність флішових порід та особливості рельєфу.

Г.П. Міллер, О.М. Федірко (1990), як і М.М. Койнов (1973) територію досліджуваного регіону віднесли до двох фізико-географічних областей і районів – Буковинсько-краєвого району Низькогірсько-скибової області та Покутсько-Буковинського району Середньогірсько-скибової області. Південно-західну межу Покутсько-Буковинського регіону згадані вище автори провели по р. Чорний Черемош, а північно-західну межу – по р. Ільця – лівій притоці р. Чорний Черемош.

За результатами досліджень З.В. Гостюк, А.В. Мельник (2017b), північно-західна межа Покутських Карпат проходить від с. Люча по р. Лючка, Акра, Сухий до межі добре вираженого в рельєфі Скибового покриву і Покутських складок – до р. Пістинька Космацька. Далі північно-західна межа Покутських Карпат проходить в межах Скибового покриву від витоків р. Пістинька Космацька до витоків р. Ільця, поблизу с. Кривопілля – до присілка Стайще.

Беручи за основу фізико-географічні межі Покутських Карпат, як окремого природно-господарського району (Гостюк, Мельник, 2017b), для потреб комплексного ведення лісового господарства в умовах Покуття необхідно здійснити деяке корегування меж цього регіону, використавши критерії лісогосподарського районування. У зв'язку з цим, ми виходили із подібності лісорослинних умов і типів лісу, які, в поєднанні з кліматичними умовами, визначають видовий склад деревної рослинності та продуктивність лісостанів. До уваги брали та-

кож подібність і відмінність лісових масивів за характерним складом лісової рослинності та переважаними породами у поєднанні з природними умовами, які і визначають цей склад.

Виходячи із сказаного вище, межа (умовно – лісогосподарська) Покутських Карпат, порівняно із фізико-географічною межею, дещо «відсунулась» на північний схід від м. Косів, сіл Пістинь та Уторопи, включивши до складу регіону частину лісового фонду Старокутського ПНДВ, Кобаківського, Косівського та Яблунівського лісництв. З цих же міркувань північно-західна межа Покуття розширена у західному напрямку, проходячи по малому вододілу між річками Прутеть Чемегівський і Лючка, охоплюючи повністю території лісового фонду Космацького л-ва філії «Кутське ЛГ» та Верховинського л-ва філії «Верховинське ЛГ». При цьому південну (південно-західну) лісогосподарську межу Покуття доцільно провести дещо північніше від фізико-географічної межі регіону – по лінії Рівня – Устеріки.

Погоджуємось із твердженням (Гостюк, Мельник, 2017b), що Покутські Карпати не можуть бути окремою одиницею фізико-географічного районування (напр., районом), оскільки регіон внутрішньо різномірний – його низькогірна та середньогірна частини відносяться до різних фізико-географічних областей. Виходячи з інтересів раціонального ведення лісового господарства, Покутські Карпати доцільно характеризувати як окремий *природно-лісогосподарський регіон Українських Карпат*.

Висновки (Conclusions). Покутські Карпати характеризуються поєднанням низькогірної частини, вкритої буковими лісами з терасово-долинними і котловинно-терасовими положеннями (до 800 м н.р.м.) та середньогірної частини з мішаними хвойно-широколистяними лісами, де гірські хребти сягають висоти понад 800 м з максимальною відміткою 1483 м н.р.м. (г. Ротило).

Перелік організацій-користувачів лісового фонду з відповідними площами лісів загалом здійснено у фізико-географічних межах Покутських Карпат, встановлених З.В. Гостюк, А.В. Мельником (2017b). 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 Покуття. Так, встановлена нами площа вкритих лісовою рослинністю земель Покутських Карпат становить 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.

Існують вагомні підстави розглядати Покутські Карпати як окремий цілісний природно-лісогосподарський регіон Українських Карпат, який потребує ретельного вивчення з погляду відтворення, охорони і раціонального використання природних ресурсів, насамперед – лісових.

Список літератури (References)

- 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)
- 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)
- 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)
- Географічна енциклопедія України* (1993). Київ: УРЕ ім. М.П. Бажана, Т. 3. С. 54-55 [Geographical encyclopedia of Ukraine (1993). Kyiv: the M.P. Bazhan. URE. Vol. 3. pp. 54-55] (in Ukrainian)
- 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)
- 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)
- 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 Pokuttya 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 Pokuttya 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). Pokuttya 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 plantation zoning of the 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. 208-238). Lviv: Higher School] (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)
- Міллер, Г.П., Федірко, О.М. (1990). Карпати Українські / *Географічна енциклопедія України*. Київ: УРЕ ім. М.П. Бажана, Т. 2. С. 113-114 [Miller, H.P., & Fedirko, O.M. (1990). Ukrainian Carpathians In F.S. Babichev, V.I. Belyaev, S.I. Dorohuntsov (Eds.) *Geographical encyclopedia of Ukraine*, vol. 2, (pp. 113-114). Kyiv: the M.P. Bazhan URE] (in Ukrainian)
- Рыбин М.М., Цысь П.М. (1968). Подобласть Покутсько-Буковинских Карпат. В кн.: *Физико-географическое районирование Украинской ССР* / под ред. В. П. Попова, А. М. Маринича, А. И. Ланько. – Киев: Изд-во Киев. ун-та, 606-608 [Rybin, M.M., & Tsys, P.M. (1968). Subregion of the Pokuttsko-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)
- Физико-географическое районирование Украинской ССР* (1968) / под ред. В. П. Попова, А. И. Маринича, А. И. Ланько. Киев: изд-во Киев. ун-та [Physic-geographical zoning of the Ukrainian SSR (1968). V.P. Popov, A.I. Marinich, A.I. Lanko (Eds.). 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)

Цись, П.М. (1964). Зовнішні Карпати. В кн.: *Природно-географічний поділ Львівського та Подільського економічних районів* (с. 165-180) / під ред. К.І. Геренчук, М.М. Койнов, П.М. Цись. Львів: Вид-во Львів. ун-ту [Tsys, P.M. (1964). The outer Carpathians. In K.I. Gerenchuk, M.M. Koinov, P.M. Tsys (Eds.), *Natural and geographic division of Lviv and Podil economic districts* (pp. 165-180). Lviv: Lviv University Publishing House] (in Ukrainian)

The Pokuttya Carpathians as a natural and forestry region of the Ukrainian Carpathians

P. Vandzhurak¹, Iu. Debryniuk²

The Pokuttya Carpathians are characterized by a combination of a low-mountain part (up to 800 m above sea level), covered with beech forests with terrace-valley positions, and a mid-mountain area with mixed coniferous and broad-leaved forests, where the mountain ranges reach a height of 900 to 1500 m above sea level.

The borders of the Pokuttya Carpathians, as the basic ones, are accepted according to the physical-geographical zoning of Z.V. Gostyuk and A.V. Melnyk (2017). However, the boundaries of physical and geographical units do not always coincide with the boundaries of distribution of tree species. For the purposes of forest management, the main factors are somewhat different, namely, they are the natural distribution of tree species, the composition of forest stands, types of forest growth conditions, forest types, and forest management patterns. In some cases, stands with a predominance of certain tree species in the composition go beyond the boundaries of the physical-geographical region, which is quite logical,

because for the purposes of forestry, the main focus is on forest growth conditions, and not on geological boundaries. Along with this, the vegetation cover is considered as an element of the physical-geographical complex, which excludes the possibility of separating the composition of the vegetation from environmental conditions, these two elements are to be considered in close interconnection.

The boundaries of the Pokuttya Carpathians in terms of basic factors, as the basis of rational forest management – *the type of forest growth conditions, forest types, species composition of native tree vegetation, economic conditions of forest management* were clarified by using the laying-on method.

Based on the interests of forestry, the boundaries (conditionally forestry-based) of the Pokuttya Carpathians, in comparison with the physical-geographical boundary, have been somewhat changed by the authors of this paper, having been slightly “moved away” in the northeast, northwest and west directions. Some adjustment of the area took place in the contours of individual forests taking into account the similarity of types of forest growth conditions, types of forest, composition of the forest stands, which to a certain extent expanded the boundaries of the region. This, in turn, led to some increase in the area of Pokuttya. Thus, the area of the forested land of the Pokuttya Carpathians is estimated to amount to 42.3 thousand ha (according to Z. V. Gostyuk, A. V. Melnyk, 2017b – 39.1 thousand ha within the limits of the physical-geographical unit identified by them), and the total area of forestry land is 44.7 thousand ha.

The forest stands of the Pokuttya Carpathians are generally of natural origin. The share of forest crops among them averages 20.5%. The area of artificial plantations within forestry units varies widely (from 65 to 1,697 hectares) and depends, first of all, on the area of the forest fund, the intensity of natural reforestation processes and the economic capabilities of the enterprise. The share of the non-forested areas is only 4.8%, and also varies considerably – from 11 to 370 ha. The non-forested lands are represented mainly by fresh cutover areas and open forest crops.

There are good reasons to consider the Pokuttya Carpathians to be as a separate integral natural forestry region of the Ukrainian Carpathians which needs to be studied from the point of view of reproduction, protection and rational use of natural resources, primarily forest ones.

Key words: the Pokuttya-Bukovyna Carpathians; physical-geographical region; natural and economic region; forestry facilities; forestry boundaries of Pokuttya.

¹ *Pavlo Vandzhurak* – PhD candidate. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., 103, 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., 103, Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: 032-235-30-12, +38-067-195-78-36. E-mail: debrynuk_ju@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0994-349X>



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

<http://fasu.nltu.edu.ua>
<https://doi.org/10.15421/412205>
Article received 2022.08.12
Article accepted 2022.12.29

ISSN 1991-606X print
ISSN 2616-5015 online
@ ✉ Correspondence author
Iryna Koval
Koval_Iryna@ukr.net
86 Pushkinska st., Kharkiv, 61024, Ukraine

УДК 630*4: 574.3

Радіальний приріст сосни звичайної поряд зі зрубом суцільної рубки в осередку верхівкового короїда в Поліссі

I. М. Коваль¹, О. Ю. Андреева²

*Осередки верхівкового короїда (*Ips acuminatus*) останнім часом поширилися у насадженнях сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) у багатьох країнах Європи, що пов'язано зі зміною клімату та антропогенним навантаженням на ліси. Мета дослідження – виявлення особливостей зміни радіального приросту дерев у сосновому насадженні на ділянках із різним ступенем освітлення після суцільної санітарної рубки в осередках верхівкового короїда в Поліссі.*

У чистому середньовіковому сосняку в умовах вологого субору закладено три тимчасові пробні площі – на південно-східній (найбільш освітленій) і північно-західній (найменш освітленій) сторонах зрубу суцільної рубки 2013 р. в осередку верхівкового короїда, а також у лісі (контроль). Аналіз кернів (по 20 шт. з кожної пробної площі), відібраних у 2020 р., здійснено стандартними дендохронологічними і статистичними методами. Аналіз індексів зміни приросту (GC_1) підтвердив, що порушення в деревостані відбулися на освітлених ділянках. Встановлено значущі середні негативні зв'язки між річним радіальним приростом деревини і гідротермічним коефіцієнтом зволоження Г.Т. Селянінова та індексом де Мартонне, які відображають гідротермічні умови поточного року. З комплексним гідротермічним показником Бітвінського O_3 , що відображає гідротермічні умови поточного і трьох попередніх років, виявлено значущий позитивний зв'язок із річним радіальним приростом дерев на контролі.

Керни, відібрані з ділянок, найближче розташованих до зрубу, є крихкими і мають елементи гнилі. Після суцільної санітарної рубки 2013 р. сплеск радіального приросту спостережено у 2014 р., який тривав до 2017 р., після чого відбулося його стрімке зниження, на відміну від контролю. Дендрокліматичний аналіз показав підвищення чутливості радіального приросту дерев сосни залежно від збільшення ступеню освітлення.

Ключові слова: *Pinus sylvestris* L.; *Ips acuminatus*; керни; сплеск приросту; порушення; дендохронологія; дендрокліматичний аналіз.

Вступ (Introduction). Осередки верхівкового короїда (*Ips acuminatus*) поширилися останнім часом у насадженнях сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) у багатьох країнах Європи, що пов'язано зі зміною клімату (Wermelinger, Duelli, & Obrist, 2002; Мешкова, 2009; Colombari et al., 2012; Мешкова, Кочетова, Зінченко, 2015; Andreieva, & Goychuk, 2018;

Samagero et al., 2018) та антропогенним навантаженням на ліси (Коваль, Бологов, Нусбаум, Юзвінський, 2015; Danneyrolles et al., 2019). В умовах підвищення температури та стресу від посухи дерева стали чутливішими до нападу шкідника, що спричинило погіршення стану і всихання лісів (Lebourgeois, 2000; Siitonen, 2014). Деревина на ран-

¹ Коваль Ірина Михайлівна – член-кореспондент Лісівничої академії наук України, доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник. Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г.М. Висоцького, вул. Пушкінська, 86, Харків, 61024, Україна. Тел.: +38-063-282-19-95. E-mail: Koval_Iryna@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6328-1418>

² Андреева Олена Юріївна – кандидат сільськогосподарських наук, доцент факультету лісового господарства та екології. Поліський національний університет, бульвар Старий, 7, Житомир, 10008, Україна. Тел.: +38-096-351-51-30. E-mail: andreeva-lena15@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0851-800X>

ніх стадіях заселення короїдом дуже важко ідентифікувати (Мешкова та ін., 2015; Plewa, & Mokrzycki, 2017).

Підвищення температури призвело до скорочення часу розвитку, збільшення вольтинізму і збільшення кількості спалахів верхівкового короїда. Реакцію насаджень на зміни в природному середовищі, зокрема, пов'язані зі зміною режиму освітлення та заселенням шкідниками, можливо оцінити за радіальним приростом дерев (Cook, & Kairiukstis, 1990; Nowacki, & Abrams, 1997; Koval, 2013). Стрімке підвищення температур призводить як до необхідності адаптації деревостанів до зміни клімату, так і вирішення проблеми, пов'язаної зі збільшенням спалахів шкідників (Wermelinger et al., 2002).

Мета дослідження – виявити особливості зміни радіального приросту сосни звичайної на ділянках із різним освітленням після суцільної санітарної рубки в осередках верхівкового короїда в Поліссі.

Об'єкти та методика дослідження (Objekts and methods). *Об'єкт дослідження* – лісові культури сосни звичайної, які ростуть в генетичних резерватах з різним ступенем освітлення внаслідок проведення суцільної санітарної рубки в осередку верхівкового короїда в Поліссі. *Предмет дослідження* – реакція радіального приросту сосни звичайної на зміни у природному середовищі, пов'язаними зі зміною режиму освітлення, кліматичними стрес-факторами та заселенням шкідниками.

У чистому середньовіковому сосновому насадженні (кв. 22, вид. 25 Коростишівського л-ва ДП «Коростишівське ЛГ» Житомирського ОУЛМГ) в умовах вологого субору закладено три тимчасові пробні площі (ТПП) – на південно-східній (найбільш освітленій) і північно-західній (найменш освітленій) сторонах зрубу суцільної рубки 2013 р. в осередку *Ips acuminatus* та у лісі (контроль). Причиною суцільної рубки 2013 р. стало всихання деревостану у зв'язку з поширенням осередків верхівкового короїда з 2010 до 2020 рр. Досліджувані культури сосни ростуть у лісах наукового призначення (генетичних резерватах). Склад досліджуваного насадження – 9С31Бп. Вік насадження становить 70 років, повнота деревостану – 0,7, $H_{\text{сер.}}$ – 25 м, $D_{\text{сер.}}$ – 28 см, індекс типу лісу – $B_3\text{-}dC$, клас бонітету I, запас деревини – $250 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$. Відзначено пошкодження дерев хворобами, зокрема, слабку ступінь пошкодження (10%) дерев трутови-ком звичайним.

Аналіз кернів (по 20 шт. з кожної ТПП), відібраних у 2020 р., здійснено стандартними дендохронологічними і статистичними методами (Битвинскас, 1974; Cook, & Kairiukstis, 1990; Горкавий, 2019).

Під час проведення перехресного датування з метою встановлення фактичної дати формування кожного річного кільця використано екстремальні величини приросту (надзвичайно вузькі або широкі шари річної деревини), а також кільця, які мають патологічну структуру (морозобійні, світлі фальшиві кільця тощо), які використовують для визначення коректності датування. Сегменти кернів, які не

підлягали датуванню, виключено з вибірки (Cook, & Kairiukstis, 1990). Для вивчення екстремальних значень радіального приросту застосовано поняття реперних років, коли величина річного кільця поточного року менша чи більша, ніж відповідна величина попереднього року, на 25%, та 75% дерев у вибірці мають однаковий тренд (Génova, 2012).

Методом стандартизації, тобто створенням деревно-кільцевих індексних хронологій методом 3-річних ковзних, вилучено вікові тренди з індивідуальних серій, що дало змогу здійснити дендрокліматичний аналіз (Битвинскас, 1974; Cook, & Kairiukstis, 1990).

Кореляційний аналіз використано для встановлення зв'язків між кліматом і радіальним приростом сосни. Для дендрокліматичного аналізу використано дані Житомирської метеостанції ($50^{\circ}15'53''$ пн.ш., $28^{\circ}40'36''$ сх.д., висота н.р.м. становить 228 м). Проаналізовано вплив місячних сум опадів та середньомісячних температур на радіальний приріст дерев з червня попереднього по серпень поточного років, а також зв'язки між приростом та гідротермічними індексами ГТК Селянінова, де-Мартонне та O_3 за Т.Т. Битвинскас (Битвинскас, 1974; Pellicone, Caloiero, & Guagliardi, 2019).

З метою встановлення порушень у насадженнях під впливом стрес-факторів, обчислено індекси зміни приросту (GC_t) для року пошкодження (t), які є універсальними для всіх деревних видів і типів лісорослинних умов (Bouriaud, & Pora, 2007):

$$GC_t = (Agr_2 - Agr_1) / (Agr_1 \times 100)$$

де Agr_1 – середньорічний приріст для періоду n_1 перед роком, для якого характерні стрес-фактори (t); Agr_2 – середньорічний приріст для періоду n_2 після дії стрес-фактора.

Вважається, що зміни приросту відбулися, коли індекс GC_t перевищив поріг 25%. Значне порушення в насадженні відбувається у випадку, коли $GC_t \geq 75\%$, середнє – в межах між 50 та 75%, а незначне – між 25 та 50% (Bouriaud, & Pora, 2007).

Результати (Results). Встановлено, що керни сосни, відібрані з боку лісу, мають вищу якість на відміну від кернів, які відібрано на менш освітленій північно-західній частині зрубу та більш освітленій – південно-східній, і які є надзвичайно крихкими. У 80% цих зразків відзначено наявність гнилі.

Відмінності динаміки радіального приросту сосни звичайної на межі зі зрубом і в лісі є результатом зміни освітлення та площі живлення дерев унаслідок суцільної рубки. У 2014-2017 рр., порівняно з 2005-2012 рр., радіальний приріст сосни збільшився на 20 і 17% на найбільш освітленій та менш освітленій ТПП (тобто відбулося «вильнення») (*release*) радіального приросту сосни), тоді як на на контролі збільшення приросту відбулось лише на 3%. Після 2017 р. на освітлених ділянках тренд радіального приросту сосни почав зменшуватися, на відміну від контролю, де відзначено стабілізацію приросту (рис. 1).

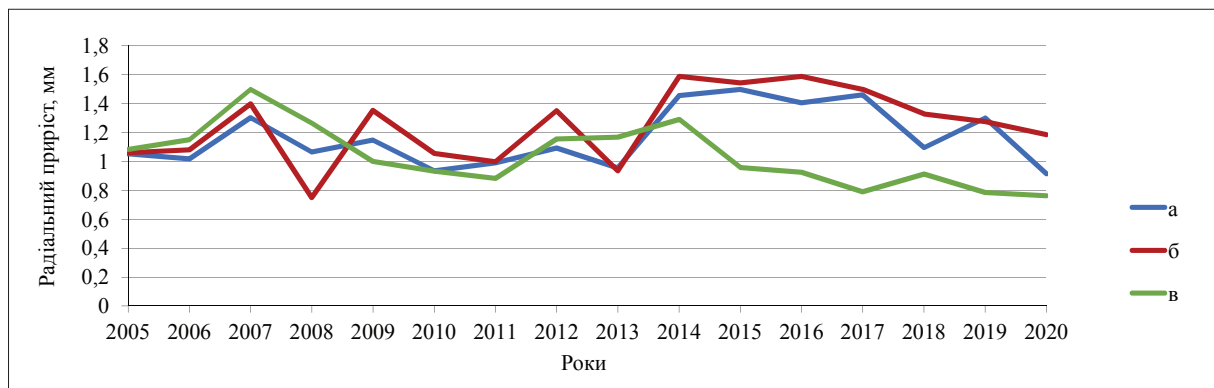


Рис. 1. Динаміка річного радіального приросту сосни звичайної на ТПП з різним рівнем освітлення поряд зі зрубом 2013 р. (а – менш освітлена північно-західна сторона зрубу; б – більш освітлена південно-східна сторона зрубу; в – ліс, контроль)

Fig. 1. The dynamics of radial increment of Scots pine on the trial plots with different illumination intensity near the 2013 cutover area (a – the less illuminated northwestern side of the cutover area; b – the more illuminated southeastern side of the the cutover area; c – the forest, control)

За період 2014-2020 рр. виявлено значущу відмінність у радіальному прирості дерев найбільш освітленою ділянкою та контролем ($t_{\text{факт.}} 2,37 > t_{0,05} 1,76$). Перевищення значень річного радіального приросту на найбільш освітленій ділянці над відповідними значеннями на контролі за цей період становило 18%, на менш освітленій – 10%. Під час порівняння середніх величин ширини річних кілець для двох періодів 2005-2012 рр. та 2013-2020 рр. виявлено значущу відмінність для дерев, які ростуть на освітлених ТПП (а та б) (табл. 1).

Індекси зміни приросту (GC_t) для року пошкодження (t) обчислено для дерев ТПП з різним рівнем освітлення, що виражають ступінь порушення насаджень і які обчислено для 2010-2012 та 2014-2016 років. Виявлено, що після рубки 2013 р. незначні порушення відбулися на ТПП з різним рівнем освітлення, на відміну від контролю (табл. 2).

Вплив клімату на річну деревину сосни звичайної з різним рівнем освітлення. Реперні роки. Виявлено роки мінімального (2008, 2010, 2011, 2013) та максимального (2007, 2009, 2012 та 2014) радіального приростів сосни звичайної. Встановлено значущі реперні роки мінімального приросту – 2008 та 2013 для більш освітленої південно-східної сторони зрубу та з боку лісу.

Упродовж років з мінімальним приростом спостерігався дефіцит опадів: взимку випало 78,4 мм за норми 127,1 мм (на 38% нижче норми); упродовж вегетаційного періоду – 282,9 мм опадів за норми 315,7 мм, тобто на 10% нижче норми. В окремі місяці опадів випало на 34% менше норми, річних – на 21% нижче норми (482,8 мм за рік за норми 611,6 мм).

Депресії приросту виникали також внаслідок недостатньої кількості опадів взимку (табл. 3).

Таблиця 1. Статистична характеристика річного радіального приросту сосни звичайної на ТПП з різним рівнем освітлення поряд зі зрубом 2013 року

Table 1. Statistical characteristics of annual radial increment of Scots pine on the trial plots with different illumination intensity near the 2013 cutover area

Місце відбору зразків	Статистичні чинники	2006-2012 рр.	2014-2020 рр.	Достовірність різниці між середніми значеннями радіального приросту за 2006-2012 рр. та 2014-2020 рр.	
				$t_{\text{факт.}}$	$t_{\text{теор.}}$
а	$A_{\text{сер.}}$, мм / м	1,08±0,05	1,31±0,08	2,39 _{0,05}	1,76
	σ	0,12	0,22		
	σ^2	0,01	0,05		
б	$A_{\text{сер.}}$, мм / м	1,14±0,09	1,43±0,06	2,64 _{0,05}	1,76
	σ	0,24	0,16		
	σ^2	0,06	0,03		
в	$A_{\text{сер.}}$, мм / м	1,13±0,07	1,17±0,0,06	0,45 _{0,05}	1,76
	σ	0,18	0,16		
	σ^2	0,03	0,02		

Примітка. а – менш освітлена північно-західна сторона зрубу; б – більш освітлена південно-східна сторона зрубу; в – ліс, контроль; $A_{\text{сер.}}$ – середнє значення ширини шару річної деревини; м – помилка середнього значення ширини шару річної деревини; σ – стандартне квадратичне відхилення; σ^2 – дисперсія

Таблиця 2. Індекси змін ширини шарів річної деревини сосни звичайної поряд зі зрубом 2013 року
Table 2. Indices of changes in radial increment of Scots pine next to the 2013 cutover area

Місце відбору зразків	A _{сер.} , мм / m		GC _t , %	Ступінь порушення
	2010-2012 рр.	2012-2014 рр.		
а	1,01±0,05	1,45±0,07	44,4	Незначне порушення
б	1,13±0,07	1,57±0,08	38,8	Незначне порушення
в	0,99±0,08	1,06±0,05	6,7	Зміни в прирості не відбулися

Примітка. а – менш освітлена північно-західна сторона зрубу; б – більш освітлена південно-східна сторона зрубу; в – ліс, контроль; GC_t – індекс зміни приросту після порушення деревостану внаслідок суцільної рубки 2013 р.; A_{сер.} – середнє значення ширини шару річної деревини; m – помилка середнього значення шару річної деревини

Таблиця 3. Роки мінімального приросту сосни звичайної в умовах з різним рівнем освітлення за період 2006-2020 рр.

Table 3. Years of minimum radial increment of Scots pine in the conditions with different illumination intensity for the period 2006-2020

Роки	Відмінність між значеннями ширини річних кілець року мінімального приросту та попереднім роком, %			Відмінність між значеннями ширини річних кілець року мінімального приросту та попереднім роком, мм			Причини депресії та сплеску радіального приросту сосни
	а	б	в	а	б	в	
	2008	18	46	30	0,24	0,65	
2010-2011	16	24	18	0,18	0,33	0,03	У 2010 р. холодна зима – -4,9 °C, за норми -2,0 °C (на 142,2 % нижче норми) та з недостатньою кількістю опадів (78,4 мм за норми 127,1 мм, тобто на 38% менше). У 2011 р. випало 482,8 мм опадів за рік за норми 611,6 мм, тобто на 21% нижче норми. У 2011 р. березневі температури були нижчими від норми (1,2 °C за норми 2,8 °C, тобто меншими на 56%).
2013	13	31	16	0,14	0,42	0,20	Аномально холодна зима, середня температура складала -3,6 °C за норми -2,0 °C, тобто на 75% нижче норми. Дефіцит опадів спостерігався в травні (45,0 мм за норми 65,5 мм та в серпні, відповідно, 33,9 та 51,5 мм, що менше норми на 34%)

Примітка. а – менш освітлена північно-західна сторона зрубу; б – більш освітлена південно-східна сторона зрубу; в – ліс

Причинами депресії радіального приросту були також аномально теплі зими, коли середня температура становила -0,8 °C за норми -2,4 °C (перевищення зимової температури складало 59%) та занадто холодні зими -3,6 – -4,9 °C за норми -2,0 °C (на 75-42,2% нижче норми).

Встановлено значущі реперні роки максимального приросту: 2007 – для всіх ТПП, 2009, 2012 та 2014 – для освітлених ТПП. У роки максимального приросту відмічено оптимальне співвідношення тепла і вологи – температури упродовж гідрологічного року в середньому склали 9,3 °C. Водночас опадів випало впродовж вегетаційного періоду

400,6 мм порівняно з нормою 315 мм, тобто на 21% більше, а в окремі місяці це перевищення становило 35% (табл. 4).

Отже, найглибші депресії та найбільші сплески радіального приросту були характерними для найбільш освітленої ТПП. Упродовж квітня-серпня спостережено негативний вплив температур на радіальний приріст на контрольній ТПП, водночас на освітлених ТПП цей вплив був позитивним. Збільшення освітлення, ймовірно, спричинило підвищення температури ґрунту, внаслідок чого відбулося зменшення його вологості, що негативно вплинуло на приріст сосни.

Таблиця 4. Роки максимального приросту сосни звичайної в умовах з різним рівнем освітлення за період 2006-2020 рр.

Table 4. Years of maximum radial increment of Scots pine in the conditions of different illumination intensity for the period 2006-2020

Роки	Відмінність між значеннями ширини річних кілець року мінімального приросту та попереднім роком, %			Відмінність між значеннями ширини річних кілець року мінімального приросту та попереднім роком, мм			Причини високого радіального приросту сосни
	а	б	в	а	б	в	
2007	21,8	29,6	23,1	0,3	0,3	0,3	Сума опадів за гідрологічний рік становила 929,8 мм за норми 607 мм, тобто перевищила норму на 53%. Водночас взимку випало опадів на 59% більше від норми (відповідні величини становили 202 та 127 мм). Упродовж вегетаційного періоду (квітень-серпень) кількість опадів перевищила норму на 27% (402,4 мм за норми 315,7 мм).
2009	7,1	44,7	14,4	0,1	0,61	0,2	Сприятливе співвідношення тепла і вологи. Середня температура за гідрологічний рік становила 9,3 °С за норми 9,1 °С, що перевищило норму на 3%. Березневі температури були нижчими на 24% (відповідні величини становили 2,1 та 2,9 °С).
2012	9,3	26,3	25,0	0,1	0,40	0,3	Опади впродовж вегетаційного періоду (квітень-серпень) перевищили норму на 13%, тобто випало 706,6 мм за норми 611,6 мм. У серпні випало 110,6 мм за норми 78,6 мм (перевищення на 29%).
2014	34,5	41,2	27,0	0,5	0,70	0,4	Впродовж вегетаційного періоду (квітень-серпень) випало 400,6 мм опадів порівняно з нормою 315 мм, тобто перевищення становило 21%. У квітні-травні випало 162 мм за норми 104,9 мм, тобто перевищення складало 35%. Температура за гідрологічний рік склала 9,7 °С за норми 9,1 °С, тобто перевищення було незначним – 7%.

Примітка. а – менше освітлена північно-західна сторона зрубу; б – більше освітлена південно-східна сторона зрубу; в – ліс

Кореляційним аналізом між індексами радіального приросту сосни звичайної та кліматичними чинниками у 2006-2009 та 2012-2019 рр. виявлено найбільшу кількість значущих зв'язків для найбільш освітленої ділянки, що свідчить про найвищу чутливість дерев на ній до коливань погодних умов. Значущий додатний вплив температури впродовж ранньої весни, зими та гідрологічного року на річний радіальний приріст сосни встановлено для найбільш освітленої ТПП, тоді як для менше освітленої ТПП на приріст сосни позитивно вплинули лише березневі температури. Водночас на контрольній ТПП радіальний приріст дерев мав від'ємний зв'язок ($r = -0,47$, $P = 0,05$) із температурою серпня та додатний ($r = +0,79$, $P = 0,05$) – з температурою листопада попереднього року (рис. 2).

Позитивний вплив опадів на радіальний приріст дерев зменшувався зі збільшенням освітлення. На контрольній ТПП радіальний приріст мав додатні зв'язки з опадами за вересень попереднього року, березень поточного року та гідрологічний рік, а

на освітлених ділянках – від'ємні зв'язки з опадами жовтня та грудня попереднього року, тобто коефіцієнти кореляції (r) були в межах від -60 до +55 за рівня значущості $P = 0,05$. Кореляційним аналізом між індексами радіального приросту та опадами Житомирської метеостанції за 2006-2019 рр. встановлено значущий негативний вплив жовтневих і грудневих опадів попереднього року на радіальний приріст дерев для освітлених ТПП. Для дерев на контрольній ТПП виявлено позитивні кореляційні зв'язки за вересень попереднього року, березень поточного року та гідрологічний рік. Тобто, для контролю відмічено більш позитивний вплив опадів на радіальний приріст сосни, ніж для освітлених ТПП. З жовтня попереднього по лютий поточного року виявлено негативний вплив опадів на приріст для освітлених ділянок (за винятком січня для найбільш освітленої ТПП). Водночас на найкраще освітленій ТПП негативний вплив опадів тривав найдовше – з жовтня попереднього до квітня поточного року.

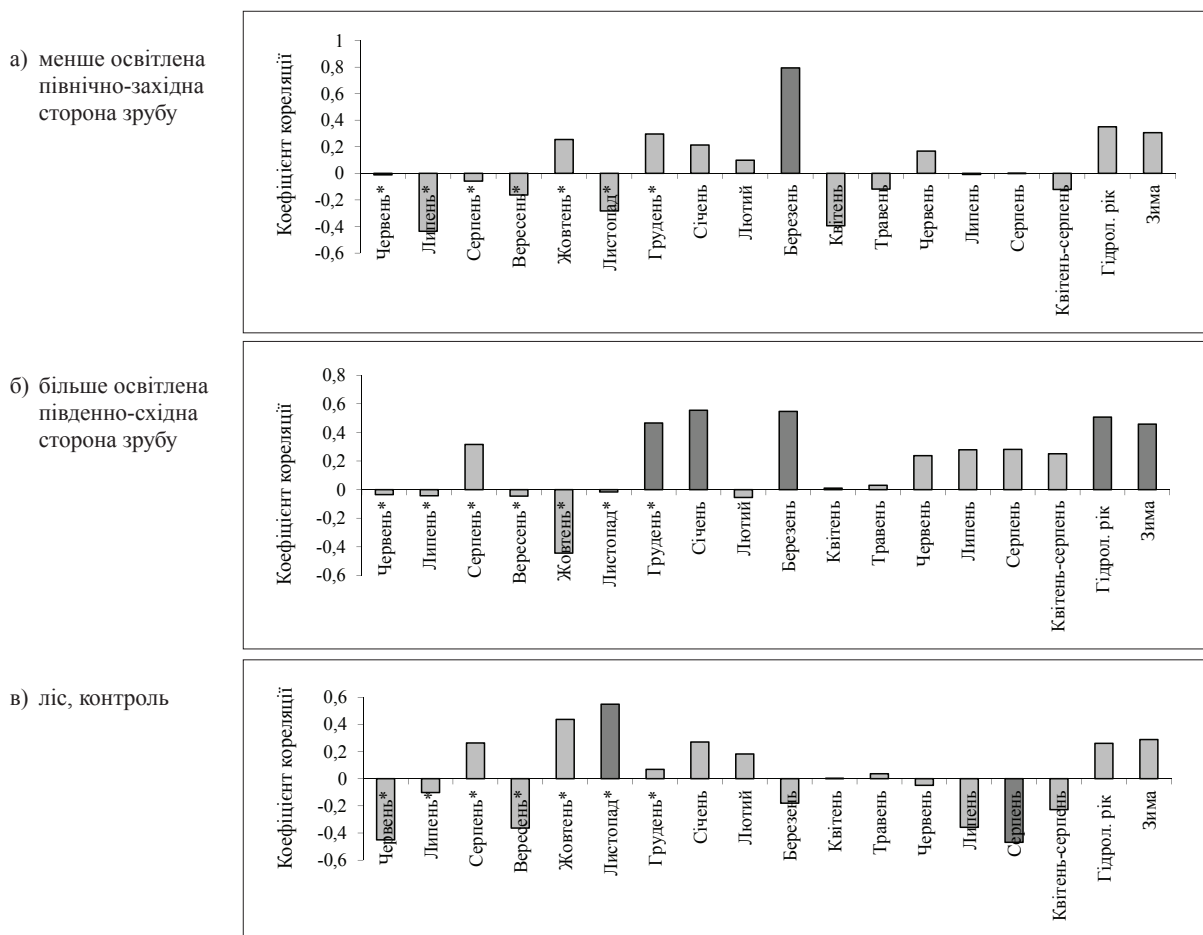


Рис. 2. Коефіцієнти кореляції між індексами річного радіального приросту сосни звичайної на ділянках з різним рівнем освітлення внаслідок суцільної рубки 2013 р. і температурами Житомирської метеостанції за 2006-2019 рр.
Примітка: * – місяці попереднього року, темно-сірі стовбчики – значущі коефіцієнти кореляції на рівні 0,05 значущості

Fig. 2. Correlation coefficients between radial increment indexes of Scots pine on plots with different illumination intensity due to clear felling in 2013 and temperatures at the Zhytomyr weather station for the period 2006-2019.
Note: * – months of the previous year, dark gray bars – significant correlation coefficients at the 0.05 significance level

Для контрольної ділянки встановлено позитивні кореляції між опадами та індексами радіального приросту за березень-червень. Вплив опадів місяців попереднього року (листопад та грудень) на приріст був сильнішим для більш освітлених ділянок. Це були від’ємні кореляції середньої сили. Для контролю встановлено значущий позитивний вплив опадів вересня попереднього на радіальний приріст поточного року (рис. 3).

Також досліджено взаємозв’язки між гідротермічними коефіцієнтами та індексами радіального приросту сосни звичайної, встановлено значущі середні негативні зв’язки між річним радіальним приростом деревини і гідротермічним коефіцієнтом зволоження Г.Т. Селянінова та індексом де Мартонне, які відображають гідротермічні умови поточного року. З комплексним гідротермічним показником Бітвінського О₃, який відображає гідротермічні умови поточного і трьох попередніх років, виявлено значущий позитивний зв’язок із річним радіальним приростом для контрольної ділянки (табл. 5).

Таблиця 5. Кореляційні коефіцієнти між деревно-кільцевими хронологіями сосни звичайної, яка росте в умовах з різним рівнем освітлення, і гідротермічними коефіцієнтами

Table 5. Correlation coefficients between tree ring chronologies of Scots pine growing in the conditions with different illumination intensity and hydrothermal coefficients

Гідротермічні коефіцієнти		
а	б	в
Гідротермічний коефіцієнт зволоження Г.Т. Селянінова (ГТК)		
-0,27	-0,60*	0,28
Де Мартонне		
-0,36	-0,58*	-0,20
О ₃		
0,12	0,11	0,47*

Примітка. * – значущість на рівні 0,05; а – менше освітлена північно-західна сторона зруб; б – більше освітлена південно-східна сторона зруб; в – ліс

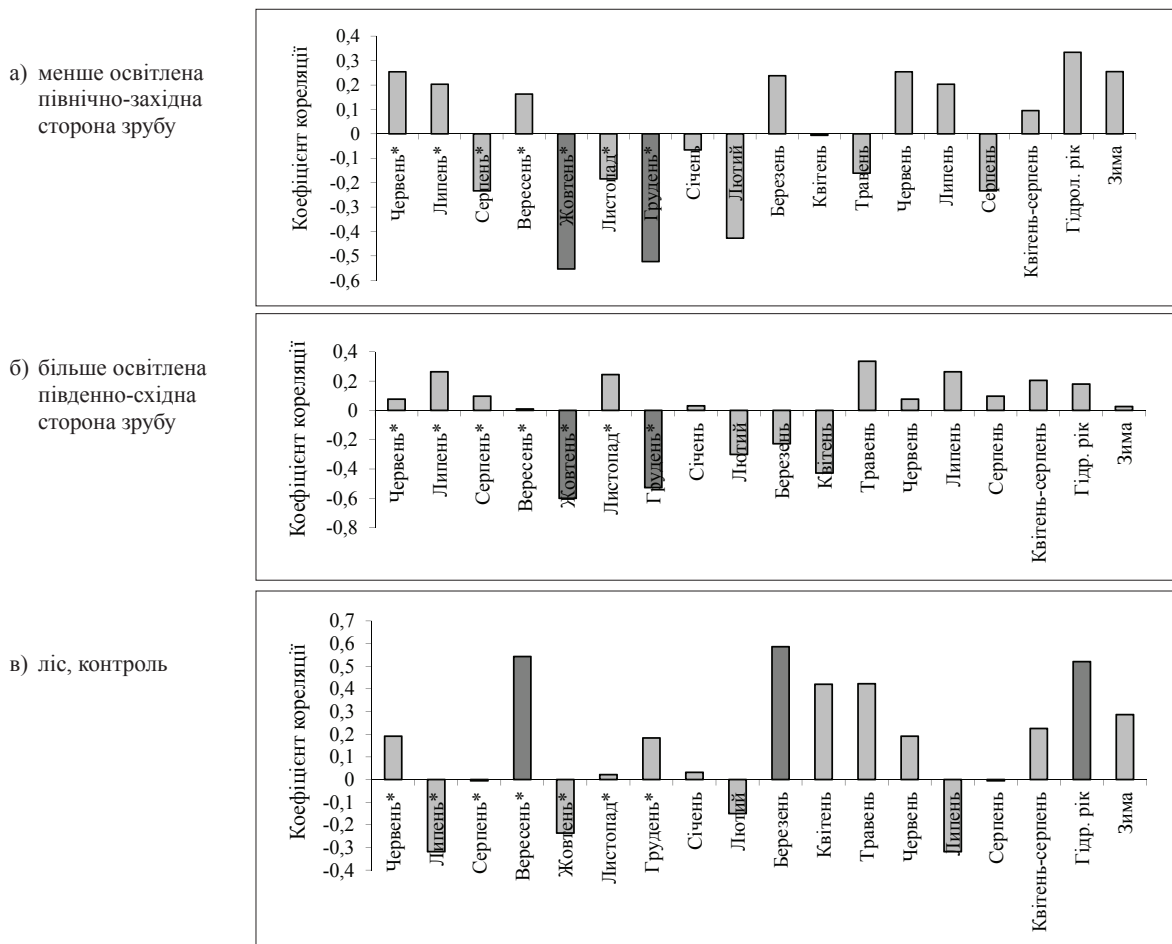


Рис. 3. Коефіцієнти кореляції між індексами річного радіального приросту сосни звичайної на ділянках з різним рівнем освітлення внаслідок суцільної рубки 2013 р. та опадами Житомирської метеостанції за 2006-2019 рр.
Примітка: * – місяці попереднього року, темно-сірі стовбчики – значущі коефіцієнти кореляції на рівні 0,05 значущості

Fig. 3. Correlation coefficients between radial increment indexes of Scots pine on plots with different illumination intensity as a result of clear felling in 2013 and precipitations at the Zhytomyr weather station for the period 2006-2019.
Note: * – months of the previous year, dark gray bars – significant correlation coefficients at the 0.05 significance level

Дискусія (Discussion). Стрес від посухи спричиняє зниження приросту дерев і продуктивності лісу, що може посилитися внаслідок потепління клімату (Samahero et al., 2018). Дослідженнями впливу клімату на радіальний приріст *Quersur robus* L. у Поліссі виявлено, що негативні реперні роки характеризуються дефіцитом опадів, посухами вегетаційного періоду, холодними або занадто теплими зимовими та ранньовесняними періодами, а позитивні – сприятливим для росту дерев співвідношенням тепла і вологи (Коваль, 2020). Дослідженнями радіального приросту *Pinus sylvestris* L. на північному заході Латвії встановлено, що основними кліматичними чинниками, які впливають на радіальний приріст дерев у реперні роки, були середня температура у лютому та кількість опадів у червні (Elferts, 2007).

У багатьох хвойних порід запаси вуглеводнів утворюються восени і зберігаються упродовж зими до початку росту дерев. Корсиканська сосна не здатна фіксувати значну кількість вуглецю під час

теплих і сухих жовтневих погодних умов, що може спричинити зниження приросту дерев у наступному році через зменшення запасів вуглеводнів (Sun et al., 2021). У нашому дослідженні на освітлених ТПП встановлено, що недостатня кількість опадів у попередньому році негативно вплинула на радіальний приріст дерев в поточному році.

За результатами досліджень впливу клімату та порушень на ширину деревних кілець дуба звичайного і бука європейського у північній Іспанії, на основі точно датованих порушень встановлено відставання до шести років між появою порушення та сплесками приросту. Отже, наслідки порушень у деревно-кільцевих хронологіях не обов'язково синхронізуються з послідовністю сплесків приросту (Rozas, 2001).

Дослідженнями радіального приросту *Larix decidua* Mill. після катастрофічного шторму в 2004 р. у Словацьких Високих Татрах виявлено, що вивільнення приросту, яке було розраховано за індексом зміни приросту, залежало від діаметра, віку

та попереднього приросту дерева. Часовий лаг між роком події та роком реакції радіального приросту дерев на освітлення становив у середньому 4,6 року у багатовіковій групі дерев (Izworska et al., 2022). У нашому дослідженні реакція радіального приросту сосни на зміну освітлення відбулася у вигляді сплеску приросту на наступний рік після суцільної рубки, тобто у 2014 році.

У Монголії та Китаї дослідженнями радіального приросту сосни звичайної встановлено, що ріст природного лісу був тісно пов'язаний з кліматичними чинниками попереднього року, водночас, ріст плантаційних насаджень був тісно пов'язаний з кліматичними чинниками вегетаційного періоду поточного року (Sun et al., 2021). Нашими дослідженнями встановлено як вплив кліматичних чинників попереднього, так і поточного років на радіальний приріст дерев у культурах *Pinus sylvestris*.

У 10-річному насажденні *Pinus taeda* L. у південно-східній Оклахомі було проріджено ділянки на трьох рівнях: 5,8, 11,5 та 23 м²га⁻¹ (контроль). Темпи росту за діаметром були суттєво пов'язані з розміром дерева, водним потенціалом ґрунту і температурою повітря (Cregg et al., 1988). Тобто зміни радіального приросту сосни ладанної визначали кліматичні чинники, а ширину шарів деревини, як і в наших дослідженнях, визначало проріджування, яке вплинуло на світлові умови та збільшення площ живлення дерев.

Висновки (Conclusions). Про ослаблення дерев *Pinus sylvestris* на ділянках із різним ступенем освітлення після суцільної санітарної рубки в осередках верхівкового короїда в Поліссі свідчить підвищення залежності радіального приросту дерев від впливу кліматичних чинників на освітлених ділянках і крихкість кернів. Індекси зміни радіального приросту сосни звичайної (39-44%) на освітлених ділянках вказують на наявність порушення стабільного стану дерев внаслідок впливу верхівкового короїда та зміни режиму освітлення.

У роки мінімального радіального приросту сосни (2008, 2010, 2011, 2013) спостерігався дефіцит опадів (на 38% нижче норми взимку та на 10% – упродовж вегетаційного періоду), аномально високі температури упродовж зими, коли їх перевищення понад норму складало 59%, або низькі, коли вони були на 42-75% нижче норми. Найглибші депресії радіального приросту сосни виявлено на найбільш освітленій ділянці. Упродовж років максимального радіального приросту (2007, 2009, 2012 та 2014) температури упродовж гідрологічного року в середньому склали 9,3°C, водночас опадів випало на 21% більше, порівняно з нормою.

Список літератури (References)

Битвинскас, Т.Т. (1974). *Дендроклиматические исследования*. Ленинград: Гидрометеоздат [Bitvinskis, T. T. (1974). *Dendroclimatic research*. Leningrad: Gidrometeoizdat] (in Russian)

Горкавий, В.К. (2019). *Статистика*. Київ: Алерта [Horkavyi, V.K. (2019). *Statistics*. Kyiv: Alerta] (in Ukrainian)

Коваль, І. М. (2020). Реакція радіального приросту *Quercus robur* L. на зміни клімату в Поліссі та Лісостепу. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 20, 64-73 [Koval, I.M. (2020). The response of *Quercus robur* L. radial growth to climate changes in Polissia and Forest Steppe. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 20, 64-73. <https://doi.org/10.15421/412006>] (in Ukrainian)

Коваль, І. М., Бологов, О. В., Нусбаум, С. А., Юзвінський, Г. А. (2015). Радіальний приріст дуба звичайного та ясеня звичайного як індикатор стану лісових екосистем в умовах Новоград-Волинського фізико-географічного району. *Лісівництво і агролісомеліорація*, 126, 202-211 [Koval, I.M., Bologov, O.V., Nusbaum, S.A., & Yuzvinskyi, G.A. (2015). Radial increment of European oak and European ash trees as indicator of forest ecosystems condition in Novograd-Volynsky physiographic region. *Forestry and Forest Melioration*, 126, 202-211. Retrieved from <https://forestry-forestmelioration.org.ua/index.php/journal/issue/view/7/126-pdf>] (in Ukrainian)

Мешкова, В. Л. (2009). *Сезонное развитие хвое-листогрызущих насекомых*. Харьков: Планета-принт [Meshkova, V.L. (2009). *Seasonal development of foliage browsing insects*. Kharkov: Planeta-print] (in Russian)

Мешкова, В. Л., Кочетова, А. І., Зінченко, О. В. (2015). Верхівковий короїд *Ips acuminatus* (Gyllenhal, 1827) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) у північно-східному степу України. *Известия Харьковского энтомологического общества*, 23(2), 64-69 [Meshkova, V.L., Kochetova, A.I., & Zinchenko, O.V. (2015). The pine engraver beetle *Ips acuminatus* (Gyllenhal, 1827) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) in the North Eastern Steppe of Ukraine. *The Kharkov Entomological Society Gazette*, 23(2), 64-69. Retrieved from http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vkhet_2015_23_2_10] (in Ukrainian)

Andreieva, O. Y., & Goychuk, A. F. (2018). Spread of Scots pine stands decline in Korostyshiv Forest Enterprise. *Forestry and Forest Melioration*, 132, 148-154. Retrieved from <https://forestry-forestmelioration.org.ua/index.php/journal/issue/view/1>

Camarero, Julio J., Gazol, A., Sangüesa-Barreda, G., Cantero, A., Sánchez-Salguero, R., Sánchez-Miranda, A., Granda, E., Serra-Maluquer, X., & Ibáñez, R. (2018). Forest Growth Responses to Drought at Short- and Long-Term Scales in Spain: Squeezing the Stress Memory from Tree Rings. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 6. Number article 9. Retrieved from <https://doi.org/10.3389/fevo.2018.00009>

Colombari, F., Battisti, A., Schroeder, L.M., & Faccoli, M. (2012). Life-history traits promoting outbreaks of the pine bark beetle *Ips acuminatus* (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) in the south-eastern Alps. *European Journal Forest*

- Research*, 131, 553-561. <https://doi.org/10.1007/s10342-011-0528-y>
- Bouriaud, O., & Popa, I. (2007). Dendrochronological reconstruction of forest disturbance history, comparison and parametrization of methods for Carpathian Mountains. *Analele ICAS*, 50, 135-151. Retrieved from <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85047392240&origin=inward>
- Cook, E. R., & Kairiukstis, L.A. (1990). *Methods of Dendrochronology – Applications in the Environmental Sciences*. Netherlands, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers and International Institute for Applied Systems Analysis
- Cregg, B.M., Dougherty, P.M., & Hennessey, T.C. (1988). Growth and wood quality of young loblolly pine trees in relation to stand density and climatic factors. *Canadian Journal of Forest Research*, 18(7), 851-858. <https://doi.org/10.1139/x88-131>
- Daneyrolles, V., Dupuis, S., Fortin, G., Leroyer, M., Römer, A., Terrail, R. ... Bergeron, Y. (2019). Stronger influence of anthropogenic disturbance than climate change on century-scale compositional changes in northern forests. *Nat Commun*, 10, 1265. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-09265-z>
- Elferts, D. (2007). Scots pine pointer-years in north-western Latvia and their relationship with climatic factors. *Biology. Acta Universitatis Latviensis*, 723, 163-170. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/237650939_Scots_pine_pointer_years_in_northwestern_Latvia_and_their_relationship_with_climatic_factors
- Génova, M. (2012). Extreme pointer years in tree-ring records of Central Spain as evidence of climatic events and the eruption of the Huaynaputina Volcano (Peru, 1600 AD). *Climate of the Past*, 8, 751-764. <https://doi.org/10.5194/cp-8-751-2012>
- Izworska, K., Muter, E., Fleischer, P., & Zielonka, T. (2022). Delay of growth release after a windthrow event and climate response in a light-demanding species (European larch *Larix decidua* Mill.). *Trees*, 36(1), 427-438. <https://doi.org/10.1007/s00468-021-02218-4>
- Koval, I. (2013). Climatic signal in earlywood, latewood and total ring width of Crimean pine (*Pinus nigra Pallasiana*) from Crimean Mountains, Ukraine. *Baltic Forestry*, 19(2), 245-251. Retrieved from <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20143129819>
- Lebourgeois, F. (2000). Climatic signals in earlywood, latewood and total ring width of Corsican pine from western France. *Annals of Forest Science*, 57(2), 155-164. <https://doi.org/10.1051/forest:2000166>
- Nowacki, G.J., & Abrams, M.D. (1997). Radial-growth averaging criteria for reconstructing disturbance histories from presettlement-origin oaks. *Ecological Monographs*, 67, 225-249. <https://doi.org/10.2307/2963514>
- Pellicone, G., Caloiero, T., & Guagliardi, I. (2019). The De Martonne aridity index in Calabria (Southern Italy). *Journal of Maps*, 15(2), 788-796. Retrieved from <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17445647.2019.1673840>
- Plewa, R., & Mokrzycki, T. (2017). Occurrence, biology, and economic importance of the sharp-dentated bark beetle *Ips acuminatus* (Gyllenhal, 1827) (Coleoptera, Curculionidae, Scolytinae) in Poland. *Sylvan*, 161(8), 619-629. Retrieved from <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20183042969>
- Rozas, V. (2001). Detecting the impact of climate and disturbances on tree-rings of *Fagus sylvatica* L. and *Quercus robur* L. in a lowland forest in Cantabria, Northern Spain. *Annals of Forest Science*, 58, 237-251. <https://doi.org/10.1051/forest:2001123>
- Siitonen, J. (2014). *Ips acuminatus* kills pines in southern Finland. *Silva Fennica*, 48, 1145. <https://doi.org/10.14214/sf.1145>
- Sun, S., Zhang, J., Zhou, J., Guan, C., Lei, S., Meng, P., & Yin, C. (2021). Long-Term Effects of Climate and Competition on Radial Growth, Recovery, and Resistance in Mongolian. *Pines Frontiers in Plant Science*, 12, 729935. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.729935>
- Wermelinger, B., Duelli, P., & Obrist, M. (2002). Dynamics of saproxylic beetles (Coleoptera) in windthrow areas in alpine spruce forests. *Forest Snow and Landscape Research*, 77(1-2), 133-148. Retrieved from <https://www.dora.lib4ri.ch/wsl/islandora/object/wsl:15303>

Radial increment of Scots pine next to the a place of clear cutting at the center of the ipid bark beetle outbreaks in Polissya

I. Koval¹, O. Andreeva²

Outbreaks of the ipid bark beetle (*Ips acuminatus*) have recently spread in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands in many European countries, which is connected with climate change and anthropogenic load on forests. The response of stands to changes in the environment, in particular those associated with changes in the lighting regime and pest infestation, can be assessed by the tree radial increment.

The purpose of the study is to identify the peculiarities of changes in the radial increment of pine trees in areas with different illumination intensity after

¹ Iryna Koval – Corresponding Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Doctor of Agricultural Sciences, Senior Researcher of the G.M. Vysotsky Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration, 86 Pushkinska st., Kharkiv, 61024, Ukraine. Tel.: +38-063-282-19-95. E-mail: Koval_Iryna@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6328-1418>

² Olena Andreeva – PhD in Agricultural Sciences, Polissya National University, Associate Professor of the Faculty of Forestry and Ecology, 7 Stary bul., Zhytomyr, 10008, Ukraine. Tel.: +38-096-351-51-30. E-mail: andreeva-lena15@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0851-800X>

sanitation felling in the centers of the ipid bark beetle outbreaks in Polissia.

Three temporary test plots were established in a pine forest in moist fairly infertile pine site type – on the southeastern (most illuminated) and northwestern (least illuminated) sides of the clear felling area of 2013 at the center of the ipid bark beetle and in the forest (control). The analysis of increment cores (20 from each test plot), extracted in 2020, was carried out using standard dendrochronological and statistical methods.

At the boundaries with the 2013 continuous sanitation felling, Scots pine cores sampled in 2020 are extremely fragile, unlike cores sampled in the forest. After cutting in 2013, during the period 2014-2017, compared to the period 2005-2012, pine radial increment increased by 20% and 17% in the most illuminated and the least illuminated test plots, but only by 3% in the control. After 2017, in the illuminated plots, pine radial increment began to decrease rapidly, in contrast to the control, where growth stabilization was noted. The years of minimum (2008, 2010, 2011, 2013) and maximum radial increment (2007, 2009, 2012 and 2014) of pine trees were identified. During the years with minimal increment, the radial increment was limited mainly by atmospheric precipitation, when the precipitation amount was by 38% below the norm in winter, by 10% below the norm during the growing season, the precipitation amount was by 34% less than the norm during some months, and the annual precipitation – by 21% below the norm.

Indices of change in growth (GCI) showed that disturbances in the pine stand occurred in the illuminated plots. Significant average negative correlation

coefficients were found between tree radial increment and the hydrothermal moisture coefficient of G.T. Selyaninov and the de Martonne index, which reflect the hydrothermal conditions of the current year. A significant positive relationship with the annual radial increment of the control trees was found with the Bitvinskas O_3 complex hydrothermal index, which reflects the hydrothermal conditions of the current and three previous years.

The most sensitive to climatic stress factors was the pine radial increment in the illuminated plots. The dependence of growth on winter temperatures and early spring temperatures increased with increasing illumination. A significant negative effect of the August temperature on the radial increment of the control pine was revealed. A positive relationship was found with the temperatures of November of the previous year, when the soil moisture was formed, which decreased in the illuminated plots. The positive influence of precipitation on the radial increment of trees weakened as the illumination of the stand increased.

So, it was established that the cores taken from the plots closest to the cutting place are fragile and have rotten elements. After clear cutting in 2013, an outburst in radial increment was observed in 2014 and which continued until 2017, after that it declined sharply in contrast to the control.

The dendroclimatic analysis showed an increase in the sensitivity of the pine radial increment depending on the increase in the illumination intensity.

Key words: *Pinus sylvestris* L.; *Ips acuminatus*; cores; outburst of growth; damage; dendrochronology; dendroclimatic analysis.



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

<http://fasu.nltu.edu.ua>
<https://doi.org/10.15421/412206>
Article received 2022.11.10
Article accepted 2022.12.29

ISSN 1991-606X print
ISSN 2616-5015 online
@ ✉ Correspondence author
Vasyl Lavnyu
lavnyu@gmail.com

103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine

УДК 630*187 : 630*2

Типологічна структура і продуктивність ялинових лісів Українських Карпат

В. В. Лавний¹, О. Б. Матусевич²

Типи лісу, встановлені проф. З. Ю. Герушинським для Українських Карпат, лісовпорядними експедиціями використовуються і на сьогодні під час базового лісовпорядкування. Наведено особливості розподілу площ ялинових деревостанів за переважаючими типами лісу і класами бонітету в межах лісового фонду на території Закарпатської, Івано-Франківської, Львівської і Чернівецької областей. Серед типів лісу за площею домінує волога буково-ялицева сусмеречина. Встановлені середні значення класів бонітету для переважаючих типів лісу може бути використано під час аналізу ефективності лісовирощування у регіоні досліджень. Результати групування площ ялинових деревостанів за експозицією схилу і типами лісу в межах чотирьох областей підтвердили приуроченість окремих типів лісу до експозиції схилу, що вказує на локальний характер такої залежності в межах окремих областей і не поширюється на всю територію Українських Карпат. Наведено значення середньої зміни запасів ялинових деревостанів з відносною повнотою 0,7 з їх розподілом за переважаючими типами лісу і класами бонітету в межах лісового фонду досліджуваного регіону. Найвищі значення зміни запасу характерні для деревостанів вологої буково-ялицевої смеречини I^{el} класу бонітету і можуть становити від 10,6 до 12,2 м³·га⁻¹ за рік. Вища інтенсивність нагромадження запасів деревини в умовах вологих сугрудів властива ялинникам Львівської та Івано-Франківської областей, а в умовах вологих грудів – Закарпатської області. Фактична продуктивність ялинових насаджень різних груп віку у переважаючих типах лісу така: середній запас стиглих ялинових деревостанів у грудових типах лісорослинних умов становить близько 500, сугрудових – 400-450, суборових – 300-400 м³·га⁻¹. Запаси стовбурової деревини еталонних високоповнотних деревостанів у межах типів лісу та адміністративних областей становлять 800-1000 м³·га⁻¹.

Ключові слова: ялина європейська (смерека); тип лісу; бонітет; експозиція схилу; висота над рівнем моря; склад деревостану.

Вступ (Introduction). Питання продуктивності ялинових деревостанів Українських Карпат завжди знаходилося у центрі уваги лісівників і науковців, про що свідчить значна кількість наукових публікацій, в яких висвітлено особливості поширення деревного виду, його росту та відтворення, значення для карпатського регіону (Генсірук, 1964; Малиновський, 1975; Голубец, 1978; Цурик, 1981; Сабан, 1982; Байцар, 1999). Дослідження С. А. Генсіру-

ка (1964) щодо ялини європейської засвідчили, що оптимальні лісорослинні умови для росту деревного виду співпадають з висотами 900-1100 м над рівнем моря, для яких характерна кількість атмосферних опадів в межах 1000-1400 мм/рік.

Дослідження щодо поширення ялини європейської в Українських Карпатах узагальнено в ґрунтовній праці «Ельники Украинских Карпат» (Голубец, 1978), а також у сучасніших публікаціях (Бай-

¹ Лавний Василь Володимирович – академік Лісівничої академії наук України, доктор сільськогосподарських наук, професор, проректор з наукової роботи. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-098-859-72-07. E-mail: lavnyu@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>

цар, 1999; Гриник, 2011; Лавний, Пелюх, 2019; Гриник Г. Г., Гриник О. М., 2022).

Дослідження різних аспектів росту і продуктивності карпатських ялиників набули більш актуального значення, починаючи з часів інтенсивної експлуатації лісових ресурсів у цьому регіоні, а їхні результати були представлені у працях низки науковців (Генсірук, 1957; Питикин, 1967, 1976; Стойко, 1977, 1993). Більшість цих наукових праць містять дані про геоботанічні особливості ялинових лісів, характер висотного розподілу ялиників, екологічну роль ялиників для Східних Карпат, успішність природного поновлення, особливості росту у різних лісорослинних умовах.

Низка наукових праць стосуються вивчення таксаційної будови, особливостей динаміки росту і продуктивності, розроблення лісотаксаційних нормативів ялинових деревостанів (Цурик, 1981, 1993; Шпильчак, 1984).

Упродовж тривалого періоду часу одним із напрямів досліджень ялинових лісів у Карпатах було вивчення їхнього ресурсного потенціалу з огляду на високу продуктивність та можливість забезпечення економіки великомірною цінною деревиною (Фурдичко, 2002; Лакида, 2008).

Тенденції сучасних досліджень ялинових деревостанів зосереджені на аналізі взаємозв'язків між лісогосподарськими підприємствами і громадами (Pelyukh, Zahvoyska, Maksymiv, & Paletto, 2019), економічних аспектів ведення господарства в ялинових деревостанах (Шпарик, 2019) та сучасного стану ялинових лісів (Гриник, 2009; Козловський, Крамарець, Целень, 2013).

Кліматичні зміни вплинули на стан і продуктивність лісових екосистем, зокрема й на ялинові монокультури в гірських умовах, які були створені упродовж XIX і першої половини XX ст. в Європі, в т.ч. і в Карпатах для швидкого отримання стиглої деревини. Причини масового всихання ялинових деревостанів описані у низці наукових праць (Генсірук, 2007; Крамарець, Криницький, 2009; Криницький, Крамарець, 2009; Дебринюк, 2011; Парпан та ін., 2013; Олійник, Зейналян, 2020; Шпарик, Криницький, Дебринюк, 2020 та ін.).

У зв'язку з формуванням значної кількості похідних ялиників можна відзначити низку наукових праць з обґрунтуванням теоретичних і практичних засад ведення господарства в них (Парпан та ін., 2013, 2014; Криницький та ін., 2014; Лавний, Шніцлер, 2014).

Також важливим напрямом наукових досліджень ялинових деревостанів у Карпатах можна вважати вивчення їхньої біопродуктивності (Малиновський, 1975, 1980; Стойко, 1993; Володимиренко, 2006), закономірностей нагромадження фітомаси (Лакида, 2008), вертикальної та горизонтальної будови (Король, 2004; Миклуш, Вицега, Гриник, 2004), санітарного стану та динаміки складу (Гриник, 2011; Гриник, Г. Г., Гриник О. М., 2022), залежності продуктивності від рельєфу (Гриник, 2011), ведення моніторингу (Пукман, Гриник, 2010), стану і структу-

ри природних ялинових лісів окремих регіонів Карпат (Лосюк та ін., 2021), висотної диференціації, типів росту та лісотаксаційної оцінки (Питикин, 1967; Цурик, 1981, 1993), динаміки типів лісу під впливом зміни клімату (Шпарик, Криницький, Дебринюк, 2020). Наведені дані свідчать про те, що ялинові деревостани Українських Карпат і надалі залишаються важливим об'єктом наукових досліджень у цьому лісоресурсному регіоні.

Для іноземних дослідників цікавими були питання особливостей росту ялинових деревостанів природного походження без ведення в них господарської діяльності в умовах Швеції (Jäger, 2020), опрацювання наукових підходів до розроблення господарських заходів з підвищення нагромадження біомаси в умовах зміни клімату (Brandl, Falk, Rötzer, & Pretzsch, 2019; Rimal, Djahangard, & Yousefpour, 2022), оцінювання відмінностей між ялиновими пралісами та лісами, в яких здійснювалася господарська діяльність, за просторовою структурою, будовою за діаметром, кількістю сухостійних дерев (Lamedica et al., 2011) та господарювання у різновікових ялинових лісах (Tahvonena et al., 2010).

Варто відзначити, що незважаючи на те, що ведення лісового господарства в Україні здійснюється на типологічній основі, ґрунтовних досліджень про стан і продуктивність ялинових деревостанів у модальних для Українських Карпат типах лісу ще недостатньо. Також на сьогодні відсутній повноцінний аналіз приналежності ялинових деревостанів до переважаючих типів лісу та їхньої продуктивності у них.

Мета досліджень – встановити продуктивність ялинових деревостанів у переважаючих типах лісу і порівняти особливості їхнього росту у різних адміністративних областях за найпоширенішими типами лісу.

Об'єкти і методика досліджень (Objekts and metods). *Об'єкт дослідження* – ялинові ліси штучного і природного походження на території Закарпатської, Івано-Франківської, Львівської та Чернівецької областей. *Предмет дослідження* – фактична продуктивність ялинових деревостанів у переважаючих типах лісу досліджуваного регіону.

Аналіз типологічної структури і продуктивності ялинових деревостанів виконано на основі повидільної бази даних ВО «Укрдержліспроект» станом на 01.01.2018 р. для 19 типів лісу, в яких ялина європейська виступає типотвірним деревним видом. Загалом було проаналізовано 113701 таксаційний виділ ялинових деревостанів. Назви типів лісів наведено за З. Ю. Герушинським (1996). Для виконання аналізу зібраних матеріалів використано лісівничо-таксаційні та математико-статистичні методи дослідження.

Результати (Results). Загальна площа ялинових деревостанів у регіоні досліджень станом на 01.01.2018 р. становить 532585 га. Серед адміністративних областей ялинові лісостани є найпоширенішими в Івано-Франківській обл., а найменшу

площу вони займають на Чернівеччині (табл. 1). Серед груп віку переважають середньовікові деревостани, частка яких становить 44,9% від загальної площі ялинових лісів. Найвищими середнім віком і запасом ялинові деревостани відзначаються у Закарпатській області.

Аналізуючи перелік типів лісу, де ялина європейська виступає типотвірним видом, потрібно зазначити, що серед ідентифікованих З. Ю. Герушинським 15 типів лісу у базі даних лісовпорядкування

не представлено два типи лісу – сира кедрова сусмеречина (С₄-кСм) та сира буково-ялицева сусмеречина (С₄-бк-яцСм). Натомість присутніми виявилися чотири нових типи лісу: волога букова сусмеречина (С₃-бкСм), сира ялицева сусмеречина (С₄-яцСм), сира ялицева смеречина (D₄-яцСм) та волога букова смеречина (D₃-бкСм). У зв'язку з цим, аналіз типологічної структури ялинових лісів у регіоні досліджень здійснювали за переліком типів лісу, які присутні у лісовпорядній базі.

Таблиця 1. Площа і вікова структура ялинових деревостанів Українських Карпат

Table 1. Area and age-class composition of spruce stands in the Ukrainian Carpathians

Адміністративна область	Загал. площа, тис. га	Площа за групами віку, тис. га					Заг. запас, млн м ³	Сер. запас на 1 га, м ³	Сер. вік, років
		Молодняки	Середньовікові	Пристигли	Стигли	Перестійні			
Закарпатська	142,971	32,955	55,925	20,232	23,725	10,134	56,642	396	75
Івано-Франківська	258,011	38,119	131,154	39,133	39,003	10,602	94,948	368	72
Львівська	69,329	17,272	24,744	12,550	11,420	3,343	17,796	257	52
Чернівецька	62,273	15,521	27,208	11,342	6,737	1,466	21,429	344	60
Всього	532,585	103,867	239,031	83,257	143,613	25,545	190,815	358	69

Встановлено, що у лісовому фонді Закарпатської обл. ялина європейська, як головна типотвірна порода або як характерна типологічна домішка, бере участь у формуванні насаджень у межах 25 типів лісу, Івано-Франківської – 29, Львівської – 17 та Чернівецької – 18 типів лісу.

Зважаючи на те, що переважна більшість ялинових типів лісу має незначне поширення за площею, для подальшого аналізу вибрано шість найрозповсюдженіших з них: вологий чистосмерековий субір (В₃-См); волога високогірна сусмеречина (С₃-См); волога букова сусмеречина (С₃-бкСм); волога ялицева сусмеречина (С₃-яцСм); волога буково-ялицева сусмеречина (С₃-бк-яцСм) та волога буково-ялицева смеречина (D₃-бк-яцСм).

Загальна площа ялинових деревостанів у цих шести найпоширеніших типах лісу на території Закарпатської, Івано-Франківської, Львівської та Чернівецької областей становить 401638,1 га. Частку поширення вище названих типів лісу в межах адміністративних областей наведено на рис. 1.

Отже, найпоширенішим типом лісу є волога буково-ялицева сусмеречина, частка якої становить від 28,7% у Львівській до 46,3% у Закарпатській областях. Найбільші площі ялинових деревостанів цього типу лісу зосереджені у лісовому фонді державних підприємств «Брустуранське ЛМГ», «Рахівське ЛДГ», «Гринявське ЛГ», «Вигодське ЛГ», «Надвірнянське ЛГ», «Осмолодське ЛГ», «Боринське ЛГ», «Славське ЛГ», «Берегометське ЛМГ», «Путильське ЛГ», а також у лісовому фонді НПП «Синевир», Турківському і Славському ДЛГП ЛГП «Галсільліс». Аналіз продуктивності ялинових деревостанів виявив, що в умовах вологих суборів

переважають насадження II-III, вологих сугрудів – I^a, а вологих грудів – I-I^b класів бонітету (рис. 2-5).

Варто зазначити, що для ялинових деревостанів Закарпатської обл. для одних і тих же типів лісу властиві дещо вищі значення бонітету порівняно з іншими адміністративними областями. Це також підтверджено порівнянням середніх значень класів бонітету (табл. 2). Найпродуктивнішими є ялинові деревостани вологої буково-ялицевої смеречини, для яких середній клас бонітету становить I^a, 8. Своєю чергою, за якісним показником продуктивності у найпоширенішому типі лісу – вологий буково-ялицевій сусмеречині кращими виявилися деревостани у лісовому фонді Закарпатської та Чернівецької областей.

Окремі дослідники (Гриник, 2011; Цурик, 1981; Сабан, 1982) відзначають, що одним із чинників, які в гірських умовах впливають на рівень нагромадження запасів деревини, є експозиція схилу. Виконаний з цією метою аналіз повидільної бази ялинових деревостанів показав, що вони приурочені до певних експозицій залежно від типу лісу і території розташування (табл. 3).

Встановлено, що на території Чернівеччини, незалежно від типу лісу, переважають південні та північні експозиції схилів. Для території решти областей управління чіткої залежності не виявлено.

Загалом поширення ялиників вологої чистосмерекового субору більшою мірою приурочене до південно-західних експозицій, вологої високогірної сусмеречини – до південних і південно-східних, вологої букової сусмеречини – до південно-західних і південно-східних, вологої ялицевої сусмеречини – до південно-східних і північно-східних, во-

логої буково-ялицевої сусмєречини і смєречини – до північних у Закарпатті і північно-західних та північно-східних схилів – на Івано-Франківщині і Львівщині.

Результати оцінювання розміщення ялинових лісів за схилами показали, що мішані за складом і продуктивніші ялинові деревостани частіше приурочені до північних експозицій, а чисті за складом – до південних.

Для оцінювання продуктивності ялинових деревостанів було використано два показники – середню зміну запасу і запас стовбурової деревини. З метою коректного порівняння даних, попередньо зведено ці показники до однієї розрахункової відносної повноти – 0,7. Оскільки повидільна база даних сформована на основі окомірної-виміральної

таксації, згідно з якою передбачено однакові вимоги до визначення таксаційних показників деревостанів, то порівняння отриманих значень можна вважати коректним.

Отримані значення середньої зміни запасу ялинових деревостанів за класами бонітету і типами лісу у розрізі адміністративних областей наведено в табл. 4.

Отримані результати підтверджують, що між типами лісу, класами бонітету і значеннями середньої зміни за запасом існує певна закономірність. Так, найвищі значення зміни запасів стовбурової деревини встановлено для деревостанів вологої буково-ялицевої смєречини I^d класу бонітету – від 10,6 до 12,2 м³·га⁻¹ за рік, а найнижчі – для вологого чистосмєрекового субіру – від 1,7 до 3,2 м³·га⁻¹ за рік.

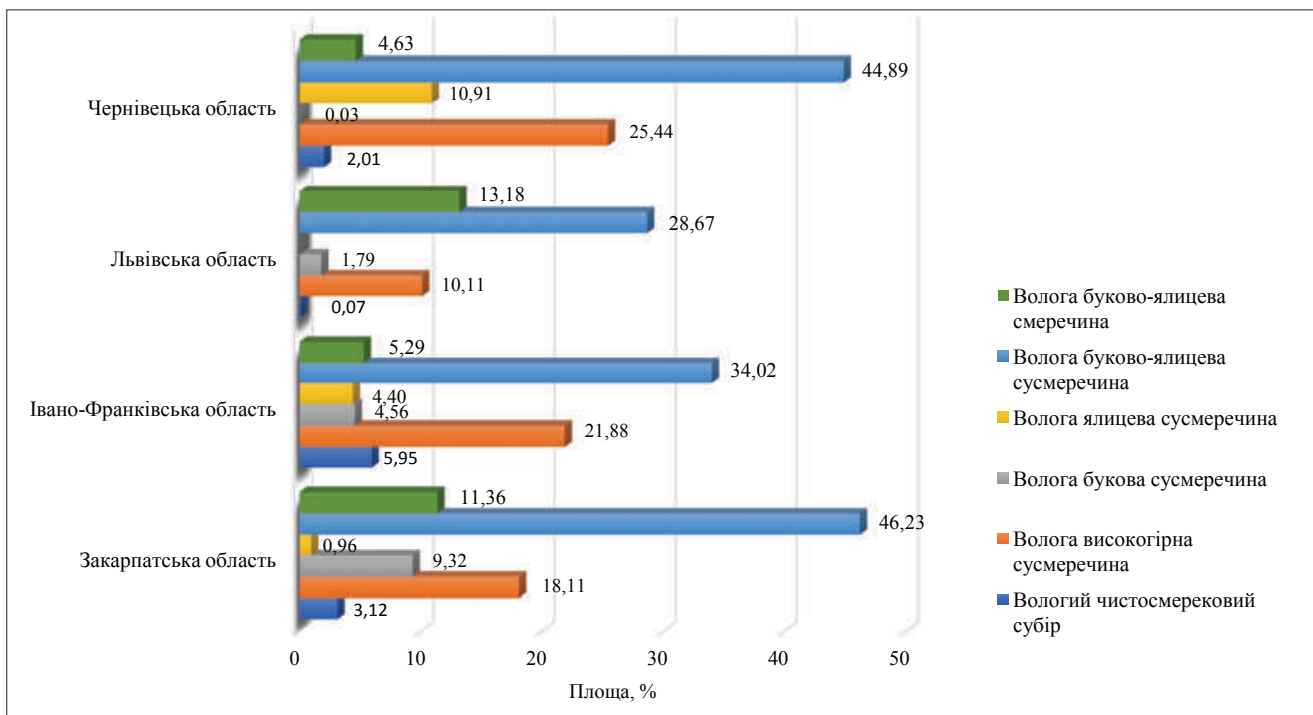


Рис. 1. Частка ялинових деревостанів за переважаючими типами лісу в розрізі адміністративних областей
 Fig. 1. The share of spruce stands by predominant forest types in the context of administrative regions

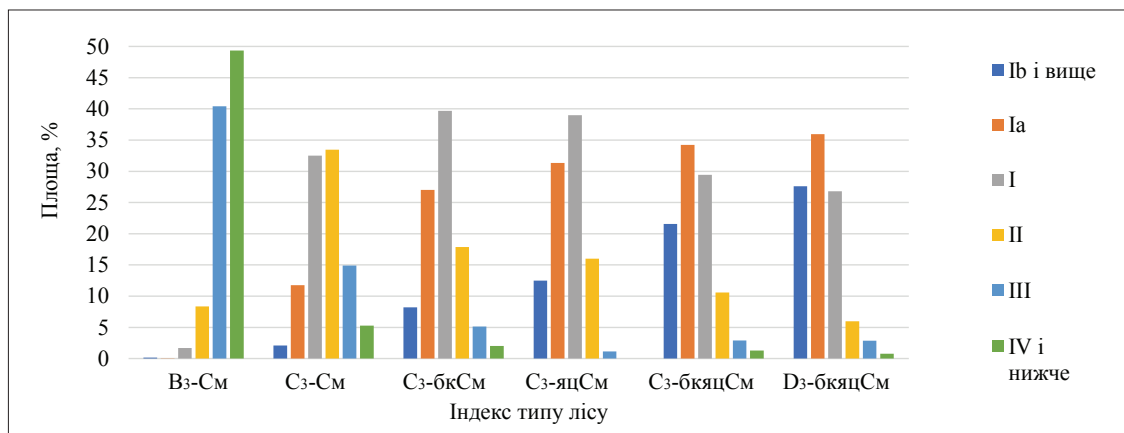


Рис. 2. Розподіл площ ялинових деревостанів Закарпатської області за типами лісу і класами бонітету
 Fig. 2. Distribution of spruce stands in the Transcarpathian region by forest types and site classes

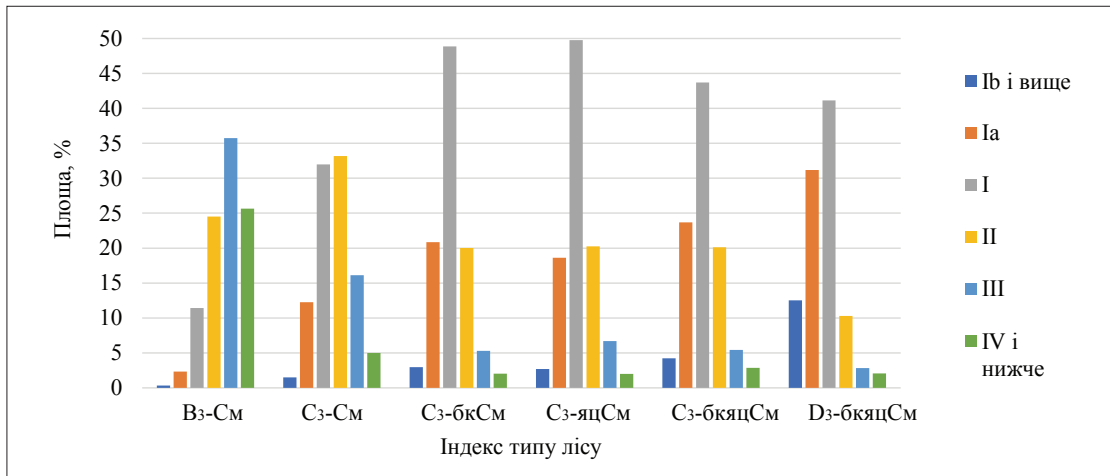


Рис. 3. Розподіл площ ялинових деревостанів Івано-Франківської області за типами лісу і класами бонітету
 Fig. 3. Distribution of spruce stands in Ivano-Frankivsk region by forest types and site classes

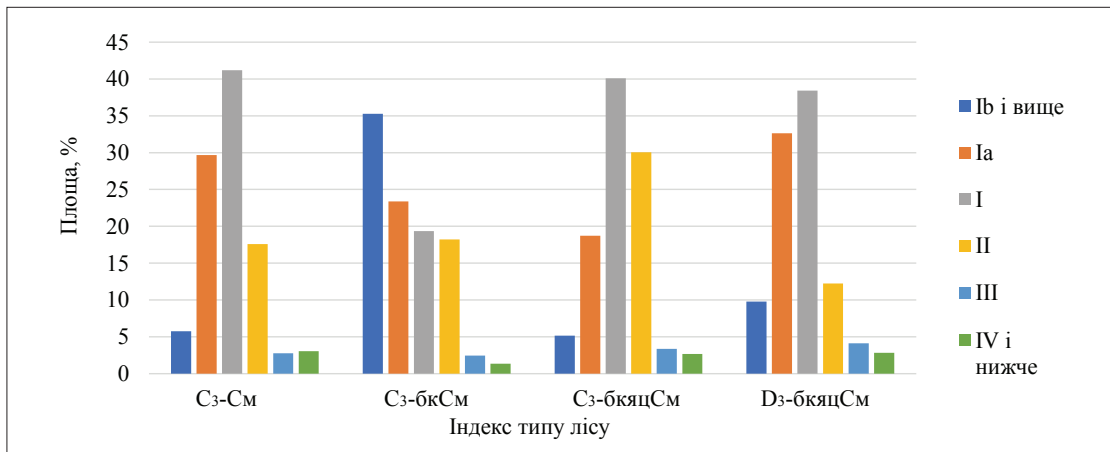


Рис. 4. Розподіл площ ялинових деревостанів Львівської області за типами лісу і класами бонітету
 Fig. 4. Distribution of spruce stands in Lviv region by forest types and site classes

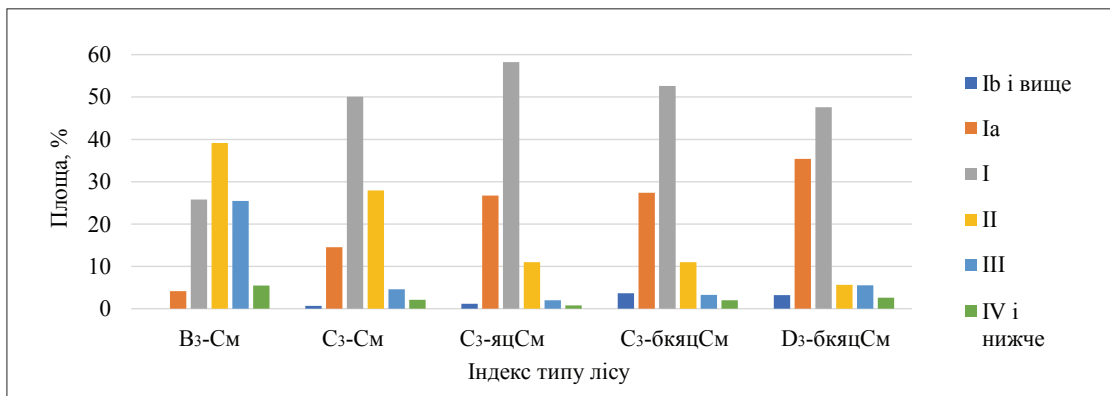


Рис. 5. Розподіл площ ялинових деревостанів Чернівецької області за типами лісу і класами бонітету
 Fig. 5. Distribution of spruce stands in Chernivtsi region by forest types and site classes

Середньопродуктивними виявилися ялинові насадження в умовах вологих сугрудів. При цьому, вищими показниками зміни запасу відзначаються мішані за складом ялинові деревостани I^a-I^c класів бонітету вологій букової сушмеречини (6,0-10,8 м³·га⁻¹ за рік) та вологій буково-ялицевої сушмеречини (5,8-10,2 м³·га⁻¹ за рік). У вологій високогірній су-

шмеречині та вологій ялицевій сушмеречині ялинові деревостани не перевищують I^b клас бонітету, а зміна запасу становить в межах від 4,6 до 8,4 м³·га⁻¹ за рік. Для нижчих класів бонітету властиве менше коливання середньої зміни запасу, а саме: II клас бонітету – 2,6-5,0 м³·га⁻¹ за рік, III клас бонітету – 2,2-4,2 м³·га⁻¹ за рік, IV клас бонітету – 1,7-3,6 м³·га⁻¹

за рік. Якщо порівнювати інтенсивність нагромадження запасів деревини за регіонами, то потрібно відзначити, що для вологих сугрудів вищі значення

середньої зміни за запасом властиві ялиновим насадженням Львівської та Івано-Франківської областей, а для вологих грудів – Закарпатської області.

Таблиця 2. Середні значення класів бонітету ялинових деревостанів

Table 2. Average values of site classes of spruce stands

Адміністративна область	Класи бонітету за типами лісу					
	V ₃ -См	C ₃ -См	C ₃ -бкСм	C ₃ -яцСм	C ₃ -бкяцСм	D ₃ -бкяцСм
Закарпатська	III,5	I,6	I ^a ,9	I ^a ,6	I ^a ,4	I ^a ,8
Івано-Франківська	II,7	I,7	I,1	I,2	I,1	I ^a ,8
Львівська	–	I ^a ,9	I ^a ,3	–	I,2	I ^a ,8
Чернівецька	II,0	I,3	–	I ^a ,9	I ^a ,9	I ^a ,8

Таблиця 3. Розподіл площ ялинових деревостанів за типами лісу та експозицією схилу

Table 3. Distribution of spruce stands by forest types and slope exposure

Адміністративна область	Площі ялинових деревостанів (%) за експозиціями схилу							
	Зх	Пд	Пд-Зх	Пд-Сх	Пн-Сх	Пн-Зх	Пн-Сх	Сх
<i>V₃-См (вологий чистосмерековий субір)</i>								
Закарпатська	5,6	18,8	22,0	14,6	9,3	12,9	12,9	3,9
Івано-Франківська	7,8	12,9	24,0	13,9	8,8	12,8	14,5	5,3
Львівська	–	–	–	–	–	–	–	–
Чернівецька	9,4	48,5	4,2	2,0	29,1	2,0	4,2	0,6
<i>C₃-См (волога високогірна сусмеречина)</i>								
Закарпатська	7,2	17,1	15,9	12,2	17,7	15,2	10,6	4,1
Івано-Франківська	5,3	8,3	15,6	18,8	9,8	16,7	18,8	6,7
Львівська	6,7	12,0	15,8	11,9	8,4	22,0	20,6	2,6
Чернівецька	4,1	43,3	2,3	2,5	41,8	1,0	2,4	2,6
<i>C₃-бкСм (волога букова сусмеречина)</i>								
Закарпатська	8,2	11,3	16,5	14,7	11,4	14,5	17,0	6,4
Івано-Франківська	6,1	9,6	13,2	18,4	11,2	18,2	15,3	8,0
Львівська	7,3	7,1	15,9	8,9	8,8	18,8	23,8	9,4
Чернівецька	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>C₃-яцСм (волога ялицева сусмеречина)</i>								
Закарпатська	4,3	12,1	17,6	19,3	10,0	14,7	16,2	5,8
Івано-Франківська	3,7	8,2	15,5	17,0	13,4	18,4	20,6	3,2
Львівська	–	–	–	–	–	–	–	–
Чернівецька	5,3	41,9	3,6	3,4	32,9	1,7	7,0	4,2
<i>C₃-бк-яцСм (волога буково-ялицева сусмеречина)</i>								
Закарпатська	5,6	14,7	15,2	12,8	20,9	14,4	13,5	2,9
Івано-Франківська	5,9	8,7	18,0	15,2	10,7	17,7	18,7	5,1
Львівська	6,2	10,3	16,7	14,9	9,6	17,7	19,6	5,0
Чернівецька	5,8	31,8	5,1	4,5	39,0	4,1	4,7	5,0
<i>D₃-бк-яцСм (волога буково-ялицева сусмеречина)</i>								
Закарпатська	5,1	13,9	20,4	15,4	11,2	18,1	13,0	2,9
Івано-Франківська	7,7	9,0	15,7	17,0	11,5	14,8	17,3	7,0
Львівська	6,7	8,0	18,8	15,9	5,9	21,4	18,6	4,7
Чернівецька	3,1	30,8	0,6	6,0	46,5	2,3	4,9	5,8

Таблиця 4. Середня зміна запасу ялинових деревостанів з відносною повнотою 0,7 за типами лісу і класами бонітету

Table 4. The average change in the growing stock of spruce stands with relative density 0.7 by forest types and site classes

Адміністративна область	Середня зміна запасу ($\text{м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ за рік) за відносною повнотою 0,7, за класами бонітету і типами лісу							
	I ^d	I ^c	I ^b	I ^a	I	II	III	IV
<i>V₃-См (вологий чистосмерековий субір)</i>								
Закарпатська	–	–	–	–	5,4	2,6	2,4	1,7
Івано-Франківська	–	–	–	–	4,3	3,1	2,2	1,7
Львівська	–	–	–	–	–	–	–	–
Чернівецька	–	–	–	–	5,5	3,7	3,2	–
<i>C₃-См (волога високогірна сусмеречина)</i>								
Закарпатська	–	–	7,2	5,3	4,6	2,7	2,1	2,0
Івано-Франківська	–	–	6,3	6,1	4,9	3,1	2,6	2,4
Львівська	–	–	8,2	6,5	5,8	5,3	2,8	2,1
Чернівецька	–	–	6,6	5,7	4,7	4,4	3,9	3,4
<i>C₃-яцСм (волога ялицева сусмеречина)</i>								
Закарпатська	–	–	8,2	6,0	5,7	3,5	–	–
Івано-Франківська	–	–	8,4	6,2	5,0	3,6	2,8	2,4
Львівська	–	–	–	–	–	–	–	–
Чернівецька	–	–	6,4	5,8	5,2	4,4	4,2	3,7
<i>C₃-бкСм (волога букова сусмеречина)</i>								
Закарпатська	–	7,8	7,5	6,4	4,8	3,5	3,0	2,2
Івано-Франківська	–	10,8	6,8	6,7	5,8	4,2	3,1	3,0
Львівська	–	10,2	6,7	6,0	5,7	4,5	3,5	3,3
Чернівецька	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>C₃-бкяцСм (волога буково-ялицева сусмеречина)</i>								
Закарпатська	–	7,8	6,7	5,8	4,8	3,5	3,0	2,2
Івано-Франківська	–	9,3	7,3	5,8	5,5	4,3	3,3	3,0
Львівська	–	10,2	8,4	7,1	5,1	4,8	3,5	2,1
Чернівецька	–	9,6	7,1	6,2	5,6	5,0	4,1	3,0
<i>D₃-бкяцСм (волога буково-ялицева смеречина)</i>								
Закарпатська	12,2	10,6	7,2	6,5	5,2	3,9	3,5	2,4
Івано-Франківська	11,5	9,4	8,5	6,5	6,0	4,2	3,7	2,9
Львівська	10,6	9,3	8,8	7,9	6,1	5,0	4,2	3,6
Чернівецька	–	–	6,7	6,2	5,4	4,8	3,7	3,0

Не менш важливим показником успішності росту та використання лісорослинного потенціалу типу лісу вважають запас деревостану, який відображає обсяг нагромадженної стовбурової деревини на одиниці площі і з кількісного боку характеризує продуктивність окремого насадження. Його величина залежить від багатьох чинників й тому може змінюватися в межах окремого типу лісорослинних умов. У табл. 5 узагальнено середній запас ялинових деревостанів за типами лісу і групами віку в розрізі адміністративних областей.

Групування насаджень за віковими періодами дало змогу конкретніше виконати порівняння запасів деревини в межах типів лісу та регіону розташування ялинових лісостанів.

За результатами досліджень, середні запаси стиглих ялинових деревостанів для вологої буково-ялицевої смеречини найвищі в умовах Чернівецької обл. і становлять близько $500 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$. Для Львівської обл. характерним виявилось переважання низько- та середньоповнотних ялинових деревостанів у цьому типі лісу, що є причиною їх меншої

продуктивності. Для сугрудових лісорослинних умов запаси деревостанів становлять, в середньому, 400-450 м³·га⁻¹. Найнижчі середні запаси ялинових деревостанів спостережено у вологих суборах – на рівні 300-400 м³·га⁻¹.

Необхідно також відзначити той важливий аспект, що в Закарпатській обл. виявлено високопродуктивні ялинові деревостани, запаси яких близькі до 1000 м³·га⁻¹. Відзначимо декілька з них: ДП «Рахівське ЛДГ», Білотисянське л-во, кв. 27, вид. 31, вік 79 р., індекс типу лісу С₃-бк-яцСм, склад 10См, бо-

нітет І^c, 950 м н.р.м.; середній діаметр 36,4 см, середня висота 37,0 м, відносна повнота 0,85, запас 1017 м³·га⁻¹; ДП «Рахівське ЛДГ», Говерлянське л-во, кв. 17, вид. 16, вік 79 р., індекс типу лісу С₃-бк-яцСм, склад 10См, бонітет І^c, 950 м н.р.м.; середній діаметр 36,4 см, середня висота 35,0 м, відносна повнота 0,94, запас 1007 м³·га⁻¹; ДП «Брустуриянське ЛМГ», Кедринське л-во, кв. 29, вид. 17, вік 79 р., тип лісу С₃-бк-яцСм, склад 9См1Яц + Бк, бонітет І^b, 1000 м н.р.м., середній діаметр 34,2 см, середня висота 33,6 м, відносна повнота 0,90, запас 1007 м³·га⁻¹.

Таблиця 5. Продуктивність ялинових деревостанів за типами лісу
Table 5. Productivity of spruce stands by forest types

Індекс типу лісу	Запас деревостану (м ³ ·га ⁻¹) за групами віку і типами лісу						
	Молодняки 1 класу	Молодняки 2 класу	Середньовікові	Середньовікові, включені до розрахунку	Пристигли	Стигли	Перестійні
Закарпатська область							
В ₃ -См	18	68	248	253	272	271	306
С ₃ -См	35	150	314	295	305	360	332
С ₃ -бкСм	26	157	438	471	505	514	386
С ₃ -яцСм	34	213	514	485	466	428	–
С ₃ -бк-яцСм	25	161	530	549	602	532	464
Д ₃ -бк-яцСм	32	171	556	563	580	520	488
Івано-Франківська область							
В ₃ -См	27	113	296	332	322	319	313
С ₃ -См	25	114	370	391	404	382	376
С ₃ -бкСм	20	133	367	445	467	453	421
С ₃ -яцСм	30	150	405	416	458	429	531
С ₃ -бк-яцСм	25	136	419	441	465	446	444
Д ₃ -бк-яцСм	20	144	476	508	527	503	525
Львівська область							
В ₃ -См	–	126	193	341	–	228	–
С ₃ -См	34	154	286	330	361	350	174
С ₃ -бкСм	25	157	376	348	372	348	–
С ₃ -яцСм	–	–	–	–	–	–	–
С ₃ -бк-яцСм	32	148	303	325	353	326	347
Д ₃ -бк-яцСм	35	147	362	390	426	405	332
Чернівецька область							
В ₃ -См	12	116	281	383	403	412	483
С ₃ -См	15	150	356	417	428	463	511
С ₃ -бкСм	14	300	474	–	–	679	–
С ₃ -яцСм	14	166	387	438	444	452	–
С ₃ -бк-яцСм	17	151	415	455	469	473	508
Д ₃ -бк-яцСм	18	130	452	490	516	500	539

За аналізом повидільної бази даних встановлено, що високопродуктивні і високоповнотні ялинові деревостани представлені двома типами лісу – вологою буково-ялицевою сусмерчиною і вологою буково-ялицевою смеречиною, розміщені на висоті 750-1150 м н.р.м. і характеризуються I^a-I^d класами бонітету. За походженням переважають штучні ялинові насадження, частка яких становить 65-67% від загальної площі ялинових лісостанів. Серед категорій функціонального призначення найбільшу частку становлять експлуатаційні (48-57%) та захисні (20-34%) ліси.

Дискусія (Discussion). Окремий напрям дослідження карпатських ялиників пов'язаний з оцінюванням їхньої типологічної структури. У цьому напрямі варто відзначити низку публікацій, які стосувалися ідентифікації типів лісу карпатського регіону та їхньої геоботанічної характеристики (Федець, 1957; Пастернак, Чубатий, 1961; Остапенко, 1961; Тышкевич, 1962; Генсірук, 1964; Герушинський, 1958, 1988; Трибун, 1970; Остапенко, Герушинський, 1975 та ін.).

Найповніше лісотипологічна діагностика деревостанів Українських Карпат викладена З.Ю. Герушинським (1996). Дослідником у карпатському регіоні було визначено та описано 78 типів лісу, зокрема, 15 типів лісу, де ялина європейська (смерека) є типотвірним деревним видом. Поряд з цим, лісовпорядкуванням у цьому регіоні визначено 19 типів лісу ялини європейської. Аналізуючи перелік типів лісу, де ялина європейська виступає типотвірним видом, потрібно зазначити, що серед ідентифікованих З.Ю. Герушинським 15 типів лісу у базі даних лісовпорядкування не представлено два типи лісу – сира кедрова сусмерчина (С₄-кСм) та сира буково-ялицева сусмерчина (С₄-бк-яцСм). Натомість присутніми виявилися чотири нових типи лісу – волога букова сусмерчина (С₃-бкСм), сира ялицева сусмерчина (С₄-яцСм), сира ялицева смеречина (D₄-яцСм) та волога букова смеречина (D₃-бкСм).

За результатами наших досліджень, ці типи лісу лісовпорядниками виділені помилково. Дослідження показали, що у сугрудових і грудових трофотопках характерною кліматичною домішкою в ялинових лісах є як ялиця, так і бук. На це вказував і проф. З.Ю. Герушинський (1988) у визначнику типів лісу Українських Карпат. Тому лісовпорядкувальним експедиціям необхідно під час визначення типів лісу керуватися діагностичними ознаками, розробленими науковцями для конкретних типів лісу, і дотримуватися загальноприйнятого кадастру назв типів лісу.

Висновки (Conclusion). Загальна площа ялинових деревостанів у регіоні досліджень станом на 01.01.2018 р. становить 532585 га. Серед адміністративних областей ялинові лісостани є найпоширенішими в Івано-Франківській обл., займаючи тут 258011 га (48,4% від загальної площі). Серед груп віку переважають середньовікові деревостани, частка яких становить 44,9% від їхньої загаль-

ної площі. Найвищий середній вік і запас ялинові деревостани мають у Закарпатській обл. – 75 років і 396 м³·га⁻¹ відповідно, а найменший – у Львівській обл. (52 роки і 257 м³·га⁻¹).

Найбільшу типологічну різноманітність ялинових лісів спостережено в межах лісового фонду Івано-Франківської обл., де ялина європейська, як головний типотвірний вид або як характерна типологічна домішка, представлена 29 типами лісу, що є найбільшою кількістю порівняно з іншими адміністративними областями. Найпоширенішим типом лісу в регіоні досліджень є волога буково-ялицева сусмерчина, частка якої серед ялинових деревостанів становить від 29% у Львівській до 46% в Закарпатській областях. Переважаючі класи бонітету для вологих суборів – II-III, вологих сугрудів – I-I^a, вологих грудів – I-I^b. Чіткої залежності між продуктивністю ялинових деревостанів та експозицією схилу не виявлено. Найпродуктивніші лісостани вологої буково-ялицевої смеречини характеризуються середньою зміною запасу в межах 10,6-12,2 м³·га⁻¹ за рік. Для середньопроодуктивних деревостанів вологої буково-ялицевої сусмеречини середня зміна запасу становить 5,8-10,2 м³·га⁻¹ за рік, для низкопродуктивних деревостанів вологого чистосмерекового субору – 1,7-5,0 м³·га⁻¹ за рік. У віці стиглості найпродуктивніші ялинові деревостани досягають запасів близько 1000 м³·га⁻¹.

У зв'язку з кліматичними змінами, актуальним завданням є складання єдиного кадастру типів лісу для Українських Карпат з діагностичною характеристикою кожного з них, щоб уніфікувати їх визначення і назви всіма лісовпорядними експедиціями України.

Список літератури (References)

- Байцар, А.Л. (1999). Еколого-географічні та біоенергетичні особливості верхньої межі лісу в Українських Карпатах. *Вісник Західного центру екології*, 2, 45-51. [Baitsar, A.L. (1999). Ecological, geographical and bioenergy features of the tree line in the Ukrainian Carpathians. *Bulletin of the Western Center for Ecology*, 2, 45-51] (in Ukrainian)
- 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* (Doctoral dissertation abstract, National Agrarian University, Kyiv, Ukraine. Retrieved from <http://www.irbis-nbuv.gov.ua/publ/REF-0000245948>] (in Ukrainian)
- Генсірук, С.А. (1957). *Ельники Восточных Карпат*. Львов: Львовский лесотехнический институт [Hensyruk, S.A. (1957). *Spruce forests of the Eastern Carpathians*. Lvov: Lvov Forestry Engineering Institute] (in Russian)

- Генсірук, С. А. (1964). *Ліси Українських Карпат та їх використання*. Київ: Урожай. [Hensyruk, S. A. (1964). *Forests of the Ukrainian Carpathians and their use*. Kyiv: Harvest] (in Ukrainian)
- Генсірук, С. А. (2007). *Причини всихання ялинових лісів Карпат і заходи для припинення їх деградації*. Отримано з: <http://www.ntsh.org/node/5401.04.2007> [Hensyruk, S. A. (2007). *Causes of drying of spruce forests of the Carpathians and measures to stop their degradation*. Retrieved from <http://www.ntsh.org/node/5401.04.2007>] (in Ukrainian)
- Герушинский, З. Ю. (1958). Основные лесотипологические закономерности Покутско-Мармарошских Карпат. *Научные труды Закарпатской ЛОС*, т. I, 73-88 [Gerushinsky, Z. Yu. (1958). The main forest typological patterns of the Pokutsko-Marmarosh Carpathians. *Scientific works of the Transcarpathian LOS, vol. I, 73-88*] (in Russian)
- Герушинский, З. Ю. (1988). *Определитель типов леса Украинских Карпат. Практические рекомендации*. Львов: Облполиграфиздат [Gerushinsky, Z. Yu. (1988). *Key to Forest Types of the Ukrainian Carpathians. Practical Recommendations*. Lviv: Regional Polygraph Publishing House] (in Russian)
- Герушинський, З. Ю. (1996). *Типологія лісів Українських Карпат*. Львів: Піраміда [Gerushynsky, Z. Yu. (1996). *Typology of forests of the Ukrainian Carpathians*. Lviv: Piramida] (in Ukrainian)
- Голубец, М. А. (1978). *Ельники Украинских Карпат*. Киев: Наукова думка [Golubets, M. A. (1978). *Spruce forests of the Ukrainian Carpathians*. Kiev: Scientific thought] (in Russian)
- Гриник, Г. Г. (2009). Аналіз впливу зміни кліматичних показників на санітарний стан ялинових деревостанів в Українських Карпатах. *Науковий вісник НЛТУ України*, 21(1), 271-285. [Hrynyk, H. H. (2009). Analysis of the impact of climate change on the sanitary condition of spruce stands in the Ukrainian Carpathians. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 21(1), 271-285. Retrieved from https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2009/19_14/271_Hry.pdf] (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_12/12_Hry.pdf] (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_15/41_Hry.pdf] (in Ukrainian)
- Гриник, Г. Г., Гриник, О. М. (2022). *Ріст та продуктивність деревостанів ялини європейської в Українських Карпатах залежно від особливостей рельєфу*. Львів: Сполом [Hrynyk, H. G., & Hrynyk, O. M. (2022). *Growth and productivity of European spruce stands in the Ukrainian Carpathians depending on the topography*. Lviv: Spolom] (in Ukrainian)
- Добринюк, 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 Ukrainian National Forestry University*, 21(16), 32-38. Retrieved from http://nltu.edu.ua/nv/Archive/2011/21_16/index21_16.htm] (in Ukrainian)
- Козловський, М. П., Крамарець, В. О., Целень, Я. П. (2013). Сучасні тенденції та причини всихання лісостанів ялини європейської в Beskidському 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 Beskyd region and ways to improve their sanitary condition. *Scientific bases of biodiversity conservation*, 4(11), No 1, 167-180] (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). Doctoral dissertation abstract, National Agrarian University, Kyiv, Ukraine. Retrieved from <http://irbis-nbuv.gov.ua/aref/20081124031786>] (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., & Krynytskyi, H. T. (2009). Assessing the state and probable threats to the survival of spruce forests of the Carpathians due to climate change. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 19(15), 38-50. Retrieved from https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2009/19_15/38_Kra.pdf] (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. [Krynytskyi, H. T., & Kramarets, V. O. (2009). The system of forestry measures to eliminate the consequences of mass drying of spruce trees in beech and fir types of the Carpathian forests. *Forestry and Forest Melioration*, 115, 256-260. Retrieved from <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/16451>] (in Ukrainian)

- Криницький, Г.Т., Чернявський, М.В., Дербаль, Ю.Ю., Делеган, І.В., Миклуш, С.І., Парпан, В.І., ... Яловиар, П. (2014). *Наближене до природи та багатofункціональне ведення лісового господарства в Карпатському регіоні України та Словаччини*. Ужгород: ПП «Коло» [Krynytskyi, H.T., Cherniavskyy, M.V., Derbal Y.Y., Delehan, I.V., Myklush, S.I., Parpan, V.I., ..., Jaloviar, P. (2014). *Close-to-nature and multifunctional forest management in the Carpathian region of Ukraine and Slovakia*. Uzhgorod: PE "Kolo" Retrieved from <http://www.forza.org.ua/uk/nablizhene-do-prirodi-ta-bagatofunkcionalne-vedennya-lisovogo-gospodarstva-v-karpatskomu-regioni>] (in Ukrainian)
- Лавний, В.В., Шніцлер, Г. (2014). Досвід проведення рубок переформування в ялинових лісах Німеччини. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 12, 73-78. [Lavnyy, V., & Schnitzler, G. (2014). Experience of conversion cuttings in the spruce forests of Germany. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 12, 73-78. Retrieved from <http://fasu.nltu.edu.ua/index.php/nplanu/article/view/138>] (in Ukrainian)
- Лавний, В.В., Пелюх, О.Р. (2019). Поширення та аналіз стану похідних ялинових деревостанів в Українських Карпатах. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 19, 49-56 [Lavnyy, V.V., & Peliukh, O.R. (2019). Distribution and analysis of the state of secondary spruce stands of the Ukrainian Carpathians. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 19, 49-56. <https://doi.org/10.15421/411927>] (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: ESC "Institute of Agrarian Economics"] (in Ukrainian)
- Лосюк, В.П., Погрібний, О.О., Томич, М.В., Часковський, 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. [Losiuk, V.P., Pohribnyi, O.O., Tomych, M.V., Chaskovskyi, O.H., Vandzhurak, P.I., & Debryniuk, Yu.M. (2021). Condition and structure of natural spruce forests of the Pokutsky Carpathians. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 22, 52-67. <https://doi.org/10.15421/412104>] (in Ukrainian)
- Малиновський, К.А. (1975). *Біологічна продуктивність смерекових лісів*. Київ: Наукова думка [Malynovskyi, K.A. (1975). *Biological productivity of spruce forests*. Kyiv: Scientific thought] (in Ukrainian)
- Миклуш, С.І., Вицега, Р.Р., Гриник, Г.Г. (2004). Горизонтальна структура смерекових деревостанів Українських Карпат. *Науковий вісник УкрДЛТУ*, 14(5), 298-305 [Myklush, S.I., Vytseha, R.R., & Hrynyuk, H.H. (2004). Horizontal structure of spruce stands in the Ukrainian Carpathians. *Scientific Bulletin of Ukrainian State Forestry University*, 14(5), 298-305. Retrieved from https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2004/14_5/59.pdf] (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 mensurational features of drying of spruce plantations in the basin of the Bystrytsia Solotvynska river. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 30(3), 9-12. <https://doi.org/10.36930/40300301>] (in Ukrainian)
- Остапенко, Б.Ф. (1961). Классификация типов леса Северной Буковины. *Труды Харьковского сельскохозяйственного института*, 30, 3-117. [Ostapenko, B.F. (1961). Classification of forest types in Northern Bukovina. *Proceedings of the Kharkiv Agricultural Institute*, 30, 3-117] (in Russian)
- Остапенко, Б.Ф., Герушинский, З.Ю. (1975). Типологический анализ лесов. *Экология*, 3, 36-41 [Ostapenko, B.F., & Herushynskiy, Z. Yu. (1975). Typological analysis of forests. *Ecology*, 3, 36-41] (in Russian)
- Парпан, В.І., Криницький, Г.Т., Коржов, В.Л., Гульчак, В.П., Слободян, П.Я., Шпарик, Ю.С., ... Крамарець, В.О. (2013). Рекомендації з ведення лісового господарства в похідних ялиниках Українських Карпат / Затверджено Секцією організації управління лісовим господарством наук.-тех. ради Держлісагентства України (протокол № 1 від 27.02.2013 р.), Івано-Франківськ [Parpan, V.I., Krynytskyi, H.T., Korzhov, V.L., Hulchak, V.P., Slobodian, P.Ia., Shparyk, Yu.S., ... Kramarets, V.O. (2013). Recommendations for forest management in the secondary spruce forests of the Ukrainian Carpathians. Approved by the Forest Management Organization Section of Science-Tech. Council of the State Forestry Agency of Ukraine (Protocol No. 1 of February 27, 2013), Ivano-Frankivsk] (in Ukrainian)
- Парпан, В.І., Шпарик, Ю.С., Слободян, П.Я., Парпан, Т.В., Коржов, В.Л., Бродович, Р.І., ... Чебан, І.Д. (2014). Особливості ведення лісового господарства в похідних ялиниках Українських Карпат. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 12, 20-28 [Parpan, V.I., Shparyk, Yu.S., Slobodian, P.Ia., Parpan, T.V., Korzhov, V.L., Brodovych, R.I., ... Cheban, I.D. (2014). Features of forestry in the spruce trees of the Ukrainian Carpathians. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 12, 20-28 Retrieved from <http://fasu.nltu.edu.ua/index.php/nplanu/issue/view/6>] (in Ukrainian)
- Пастернак, П.С., Чубатый, О.В. (1961). *Типы горных лесов*. Ужгород: Карпати [Pasternak, P.S., & Chubaty, O.V. (1961). *Types of mountain forests*. Uzhhorod: Carpathians] (in Russian)
- Питикин, А.И. (1967). *Особенности роста и текущий прирост ельников разной густоты в Закарпатье*: автореф. канд. с.-х. наук: 06.03.02. Брянск,

- Брянский технологический институт, Брянск, Россия [Pytykyn, A. Y. (1967). *Features of growth and current increment of spruce forests of different density in the Transcarpathian region* (Doctoral dissertation abstract, Bryansk Technological Institute, Bryansk, Russia) (in Russian)
- Питикин, А. И. (1976). Продуктивность еловых лесов Карпат. *Лесное хозяйство*, 7, 23-25 [Pitikin, A. Y. (1967). Productivity of spruce forests of the Carpathians. *Forestry*, 7, 23-25] (in Russian)
- Пукман, В. В., Гриник, Г. Г. (2010). Моніторинг ялинових деревостанів: дослідження зв'язків між лісівничо-таксаційними і кліматичними чинниками та їх вплив на санітарний стан. *Науковий вісник НЛТУ України*, 20(1), 51-63 [Pukman, V. V., & Hrynyk, H. H. (2010). Monitoring of spruce stands: study of the links between forest mensuration signs and climatic factors and their impact on sanitation. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 20(01), 51-63. Retrieved from https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2010/20_1/51_Pukman_20_1.pdf] (in Ukrainian)
- Сабан, Я. А. (1982). *Экология горных лесов*. Москва: Лесная промышленность [Saban, Ya. A. (1982). *Ecology of mountain forests*. Moscow: Forest industry] (in Russian)
- Стойко, С. М. (1977). *Карпатам зеленіти вічно*. Ужгород: Карпати [Stoiko, S. M. (1977). *The Carpathians will always be green*. Uzhhorod: Carpathians] (in Ukrainian)
- Стойко, С. М. (1993). *Чисті смерекові ліси*. Природа Карпатського національного парку. Київ: Наукова думка [Stoiko, S. M. (1993). *Pure spruce forests*. Nature of the Carpathian National Park. Kyiv: Scientific thought] (in Ukrainian)
- Трибун, П. А. (1970). Классификация типов леса предгорной части Ивано-Франковской области и некоторые закономерности их формирования. *Сб. науч. тр. УкрНИИЛХА «Исследования по лесоводству и агролесомелиорации»*, 142, 46-55 [Trybun, P. A. (1970). Classification of forest types in the foothill part of Ivano-Frankivsk region and some patterns of their formation. *Research on forestry and agroforestry: a collection of scientific papers of the Research Institute of Forestry and Agroforestry*, 142, 46-55] (in Russian)
- Тышкевич, Г. Л. (1962). *Еловые леса Советских Карпат*. Москва: АН СССР [Tyshkevych, H. L. (1962). *Spruce forests of the Soviet Carpathians*. Moscow: Academy of Sciences of the USSR] (in Russian)
- Федець, І. П. (1957). *Визначник типів лісу для гірської частини Дрогобицької області*. Львів: Львівський лісотехнічний інститут [Fedets, I. P. (1957). *Determinant of forest types for the mountainous part of Drohobych region*. Lviv: Lviv Forestry Institute] (in Ukrainian)
- Фурдичко, О. І. (2002). *Карпатські ліси: проблеми екологічної безпеки і сталого розвитку*. Львів: Біблос [Furdychko, O. I. (2002). *The Carpathian forests: problems of ecological safety and sustainable development*. Lviv: Biblos] (in Ukrainian)
- Цурик, Е. И. (1981). *Ельники Карпат: строение и продуктивность*. Львов: Вища школа [Tsuryk, Ye. I. (1981). *Spruce forests of the Carpathians: structure and productivity*. Lvov: Higher School] (in Russian)
- Цурик, Є. І. (1993). *Використання нормативів для таксації лісів Карпат*. Львів: Львівський лісотехнічний інститут [Tsuryk, Ye. I. (1993). *The use of standards for the assessment of forests in the Carpathians*. Lviv: Lviv Forestry Institute] (in Ukrainian)
- 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., 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, Yu. S., Krynytskyi, H. T., & Debryniuk, Iu. M. (2020). Trends in the dynamics of types of forest vegetation conditions and species composition of stands in the Ukrainian Carpathians in connection with climate change. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 20, 82-92. <https://doi.org/10.15421/412008>] (in Ukrainian)
- Шпарик, Ю. С., Парпан, Т. В. (2020). Тенденції всихання ялиників Українських Карпат на прикладі вологої буково-ялицевої сушмеречини. *Лісівництво і агролісомеліорація*, 136, 37-45 [Shparyk, Yu. S., & Parpan, T. V. (2020). Trends in drying of spruce trees in the Ukrainian Carpathians drawing on the example of moist beech-fir spruce stands. *Forestry and Forest Melioration*, 136, 37-45 <https://doi.org/10.33220/1026-3365.136.2020.37>] (in Ukrainian)
- Шпильчак, М. Б. (1984). *Еловые леса Черногоры (Восточные Карпаты), повышение их устойчивости и продуктивности*: автореф. дис. канд. с.-х. наук: 06.03.03. Харьков, УкрНИИЛХА, Украина. [Shpylchak, M. B. (1984). *Spruce forests of Chornogora (the Eastern Carpathians), improving their steady state and productivity* (Doctoral dissertation abstract, Research Institute of Forestry and Agroforestry G. N. Vysotsky, Kharkov, Ukraine) (in Russian)
- Brandl, S., Falk, W., Rötzer, T. & Pretzsch, H. (2019). Assessing site productivity based on national forest inventory data and its dependence on site conditions for spruce dominated forests in Germany. *Forest Systems*, 28(2), e007. <https://doi.org/10.5424/fs/2019282-14423>
- Jäger, S. (2020). *Stand Structure in a Heterogeneous Old-growth Norway Spruce (Picea abies (L.) Karst.) Forest in Northern Sweden*. Master of Science thesis. University of Gothenburg, Department of Earth Sciences, Geovetarcentrum / Earth Science Centre. Retrieved from <https://gupea.ub.gu.se/handle/2077/67002>
- Lamedica, S., Lingua, E., Popa, I., Motta, R., & Carrer, M. (2011). Spatial Structure in Four Norway

- Spruce Stands with Different Management History in the Alps and Carpathians. *Silva Fennica*, 45(5), 865-873. <https://doi.org/10.14214/sf.75>
- Pelyukh, O., Zahvoyska, L., Maksymiv, L., & Paletto, A. (2019). Stakeholders' interests and roles in the context of secondary Norway spruce forest conversion: Ukrainian Carpathians case study. *Bulletin of the Transilvania University of Brasov. Forestry, Wood Industry, Agricultural Food Engineering. Series II*, 12(1), 59-72. <https://doi.org/10.31926/but.fwiafe.2019.12.61.1.5>
- Rimal, S., Djahangard, M., & Yousefpour, R. (2022). Forest Management under Climate Change: A Decision Analysis of Thinning Interventions for Water Services and Biomass in a Norway Spruce Stand in South Germany. *Land*, 11, 446. <https://doi.org/10.3390/land11030446>
- Tahvonena, O., Pukkala, T., Laihoc, O., Lähde, E., & Niimimäki, S. (2010). Optimal management of uneven-aged Norway spruce stands. *Forest Ecology and Management*, 260(1), 106-115. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.04.006>

Typological structure and productivity of spruce forests in the Ukrainian Carpathians*

V. Lavnyy¹, O. Matuselych²

A comparative list of forest types drawn up by Z. Yu. Gerushynskyi for the Ukrainian Carpathians and also another list that is currently used by forest management organizations during the basic forest inventory were analyzed. The forest assessors identified 19 forest types of spruce stands in the study area. Peculiarities of spruce stands' distribution by the predominant forest types and site classes in forestry enterprises of

Transcarpathian, Ivano-Frankivsk, Lviv and Chernivtsi regions have been determined. The most common forest types in the study region are beech-silver fir-spruce forests on fairly rich moist soils – 46.8 %.

The distribution of spruce stands by quality classes and forest types within four administrative regions was analysed. The average quality classes for each of the predominant forest types has been identified, which can be used to determine the efficiency of growing forests in the study region. The results of spruce stands grouping by slope exposition and forest types within the four administrative regions are presented. Some forest types are confined to a certain exposure of the slope only within a separate administrative region, which indicates the local nature of the dependence within certain regions and does not extend to the entire territory of the Ukrainian Carpathians. The value of the average yearly change in growing stock in spruce stands with a relative stand density of 0.7 with their distribution by predominant forest types and site classes within the forest fund of the Transcarpathian, Ivano-Frankivsk, Lviv, and Chernivtsi regions is given. It was found that the stands of beech-silver fir-spruce forests on rich moist soils of site class I^d have the highest value of growing stock change and can range from 10.6 to 12.2 cubic meters per hectare per year. It was found that the higher intensity of wood accumulation in the conditions of fairly rich moist soils is typical for spruce stands in Lviv and Ivano-Frankivsk regions, and in the conditions of rich moist soils – in the Transcarpathian region. The actual productivity of mature spruce stands on rich soils is about 500 cubic meters per hectare, medium fertile – 400-450 cubic meters/ha, and on relatively pure soils – 300-400 cubic meters/ha. The reference high-density and high-productivity stands within forest types and administrative regions with a growing stock of 800-1,000 cubic meters per hectare have been identified and characterized.

Spruce stands of high productivity and density are represented mainly by two forest types, namely, by beech-silver fir-spruce forests on fairly rich moist soils and by beech-silver fir-spruce forests on rich moist soils. The main areas of spruce stands of these two forest types are located at an altitude of up to 1,200 m above sea level, they are characterized by site classes I^a-I^d, and with growing stock being up to 800-1,000 cubic meters/ha. Spruce stands of these predominant forest types are characterized by mostly artificial origin, the share of which is 65-67% of the total area.

Key words: European spruce; forest type; site class; slope exposure; altitude; stand composition; forest ecology.

* This study was undertaken within the framework of the “SURGE-Pro” project, which was financially supported by the Volkswagen Foundation.

¹ *Vasyl Lavnyy* – Full Member of the Forestry Academy of Sciences 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: 0000-0003-2069-9026

² *Olexandr Matuselych* – 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.matuselych@nltu.lviv.ua ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-7086-3705>



УДК 630*228 : 633.877.1

Стан і структура ялицевих лісів Покутських Карпат

В. П. Лосюк¹, О. О. Погрібний¹, М. В. Томич³, О. Г. Часковський⁴, П. І. Ванджурак⁵

Хвойні ліси Покутських Карпат на висоті нижче 900 м н.р.м. займають площу близько 10 тис. га. Для встановлення площі використано новітні GIS-методи дослідження, багатоканальні супутникові знімки Landsat та сучасні межі Покутських Карпат. Відповідно з таксаційними матеріалами об'єктів господарювання, ялицеві ліси Покутських Карпат займають площу близько 3 тис. га, з яких корінні лісостани з перевагою ялиці становлять близько 2,5 тис. га, а ліси за її участю трапляються на площі близько 6 тис. га. Ялицеві ліси приурочені до шести ялицевих, дев'яти букових та шести смерекових типів лісу. За походженням переважають природні ялицеві лісостани (близько 75%), а решту площі займають лісові культури та напівприродні ліси ялиці білої. Розподіл ялицевих лісів за віковою структурою свідчить про перевагу пристиглих, стиглих і перестійних деревостанів (48%); тоді як молодняки займають 28, а середньовікові – 24%. Ялицеві ліси Покутських Карпат представлені 17 типами лісу.

*Основні таксаційні характеристики та зміни у породному складі ялицевих природних лісів і природних лісів за участю *Abies alba* Mill. проаналізовано на прикладі постійних пробних площ (ППП №4) та (ППП №9), закладених на території лісового фонду НПП «Гуцульщина». Польові дослідження здійснювали з п'ятирічним інтервалом відповідно до методики екологічного моніторингу II рівня за програмою «ICP-Forest» із частковими доповненнями загальноприйнятих лісівничо-таксаційних методик. За результатами досліджень можна стверджувати, що зміни у породному складі ялицевих лісів та лісах за участю ялиці білої сприяють формуванню складних і стійких деревостанів, які виконують важливі середовищно-захисні функції.*

Ключові слова: лісовий фонд; ялицеві ліси; ліси за участю ялиці; деревостан; мертва лежача деревина; природне поновлення; трав'яне вкриття.

Вступ (Introduction). Встановлення меж Покутських Карпат у системі фізико-географічного районування Українських Карпат здійснено З. В. Гостюк (2021) шляхом аналізу існуючих схем природно-

географічного районування регіону та укладеної авторкою ландшафтної карти Покутських Карпат. Межі Покутських Карпат добре виражені за особливостями рельєфу та узгоджені з геологіч-

¹ Лосюк Василь Петрович – член-кореспондент Лісівничої академії наук України, кандидат сільськогосподарських наук, науковий співробітник. Національний природний парк «Гуцульщина», вул. Дружби, 84, м. Косів, Івано-Франківська обл., 78600, Україна. Тел.: +03478-23709. E-mail: losyuk@i.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1807-1264>

² Погрібний Олег Олегович – кандидат сільськогосподарських наук, начальник наукового відділу. Національний природний парк «Гуцульщина», вул. Дружби, 84, м. Косів, Івано-Франківська обл., 78600, Україна. Тел.: +03478-23709. E-mail: pogribnyj@i.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8428-6514>

³ Томич Марія Василівна – кандидат біологічних наук, начальник лабораторії екологічного моніторингу. Національний природний парк «Гуцульщина», вул. Дружби, 84, м. Косів, Івано-Франківська обл., 78600, Україна. Тел.: +03478-23709. E-mail: maritom82@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7274-3618>

⁴ Часковський Олег Григорович – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри лісової таксації та лісовпорядкування. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +0322-378094. E-mail: oleh.chaskov@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0361-0624> Scopus ID: 26323447500

⁵ 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>

ними межами, елементами гідрологічної мережі, а також межами регіональних одиниць – фізико-географічних країв, областей, районів і ландшафтів. За З.В. Гостюк (2021), площа Покутських Карпат становить 662,44 кв. км, з них 201,9 кв. км становить природно-заповідний фонд. Частка заповідності у межах регіону Покутських Карпат становить 30,3%.

Ялицеві деревостани в Українських Карпатах є одними із найпоширеніших серед інших типів деревостанів, займаючи за розповсюдженістю третє місце після бука лісового та ялини європейської. Їхня частка у загальній площі лісостанів карпатського регіону становить близько 7% і, у зв'язку з кліматичними змінами, має тенденцію до зростання в останнє десятиріччя. Із загальної площі лісів Покутських Карпат в 39,1 тис. га частка лісів з перевагою у складі ялиці білої становить 3 тис. га (8%). Площа лісів за участю ялиці білої на території регіону помітно більша – близько 6 тис. га.

Варто зауважити, що ялицеві лісостани в останні роки привертають до себе підвищену увагу через їхню високу стійкість до негативних зовнішніх впливів та успішне природне поновлення. Тому вивчення структури, а також таксаційних показників корінних ялицевих деревостанів на постійних пробних площах НПП «Гуцульщина» представляє високу актуальність і практичну цінність.

Мета досліджень полягає в оцінюванні стану і структури ялицевих лісів Покутських Карпат.

Об'єкти та методика досліджень (Research objects and methods). *Об'єкт досліджень* – ялицеві ліси Покутських Карпат у контексті їхнього стану і структури. *Предмет дослідження* – вивчення поширення ялицевих лісостанів, їхнього відновного потенціалу, лісівничо-таксаційних характеристик на прикладі постійних пробних площ.

Польові дослідження здійснено відповідно до методики екологічного моніторингу II рівня за програмою «ICP-Forest» із частковим доповненням положеннями загальноприйнятих методик лісівничо-таксаційних досліджень (Герушинський, 1996; Король, Горошко, 2000; Гром, 2005; Гриник, 2006; СОУ 02.02-37-476:2006; Літопис природи, 2015, 2019). Всю територію постійних пробних площ (ППП) поділяли на квадрати розміром 10×10 м і присвоювали умовні координати X та Y для подальшого встановлення координат розташування дерев на досліджуваній ділянці (Вицега, Гриник, 2004; Гриник, 2006; Вайс, 2007).

Для спостереження за змінами у рослинному покритті щорічно на ППП здійснювали триразові геоботанічні описи за класичною методикою (Вальтер, 1982). Детально методику досліджень викладено у попередній нашій статті (Лосюк та ін., 2021).

Дослідження процесу природного поновлення деревних видів на постійних пробних площах здійснено за методикою IUFRO, котра передбачає закладку п'яти кругових облікових площадок площею 20 м² кожна.

З метою уточнення загальної лісистості Покутських Карпат використано новітні GIS-методи дослідження, багатоканальні супутникові знімки Landsat з урахуванням сучасної межі Покутських Карпат. За допомогою GIS-програм розподілено пікселі растрового шару супутникового знімка на різні категорії земель, а, саме – на хвойні ліси, листяні ліси, мішані ліси, луки, пасовища, ріллю, забудови, сади, води, кам'янисті розсипища та в автоматичному режимі вираховано кількість пікселів розміром 30×30 м (Миклуш, Горошко, Часковський, 2006).

Збір та опрацювання даних здійснено на основі різних методів, зокрема: *лісівничо-таксаційних* – для закладання пробних площ, визначення біометричних показників деревостанів, обліку підросту; *порівняльної екології* – для типологічної характеристики насаджень; *фітоіндикаційних* – для індикації лісорослинних умов і встановлення типологічних одиниць; *математико-статистичних* – для оцінювання достовірності експериментальних даних.

Результати (Results). За результатами використання багатоканальних супутникових знімків Landsat встановлено, що із загальної площі лісів Покутських Карпат в 39,1 тис. га хвойні ліси займають 17,2 тис. га.

Певну проблему становило вичленення частки ялицевих лісостанів із загальної площі хвойних лісів. У зв'язку з цим брали до уваги положення, що ліси з перевагою ялиці білої формуються на нижчих висотах, ніж смерекові, а соснові деревостани на території досліджуваного регіону відсутні. На створеній цифровій моделі рельєфу Покутських Карпат було побудовано ізолінії по висоті 900 м н.р.м. та здійснено обчислення кількості пікселів за відповідними категоріями земель в її межах. Таким чином встановлено, що хвойні ліси до відмітки 900 м н.р.м. займають площу близько 10 тис. га (рис. 1).

У низькогір'ї Покутських Карпат ялицеві ліси представлені формацією *ялиці білої (Abietela albae)*, яка займає друге місце за поширеністю у цій висотній рослинній смузі, не утворює природних монодомінатних лісостанів, а її постійним супутником є бук лісовий. Чисті ялицеві лісостани практично відсутні, однак у низці деревостанів ялиця біла є доміантним деревним видом і бере участь у складі майже половини лісів цієї висотної лісорослинної зони. Лісостани ялиці білої представлені переважно субформацією *буково-ялицеві ліси (Fageto-Abieta albae)*. Найпоширенішою асоціацією в межах субформації є *ожинова (Fageto-Abietum rubosum)*.

У середньогір'ї Покутських Карпат ялицеві лісостани представлені субформацією *смереково-ялицево-букові ліси (Piceeto-Abieto-Fageta sylvatici)* та *ялицево-букові ліси (Abieto-Fageta sylvatici)*. Ялицеві ліси Покутських Карпат представлені 17-ма типами лісу загальною площею близько 6 тис. га (Голубець, 2003).

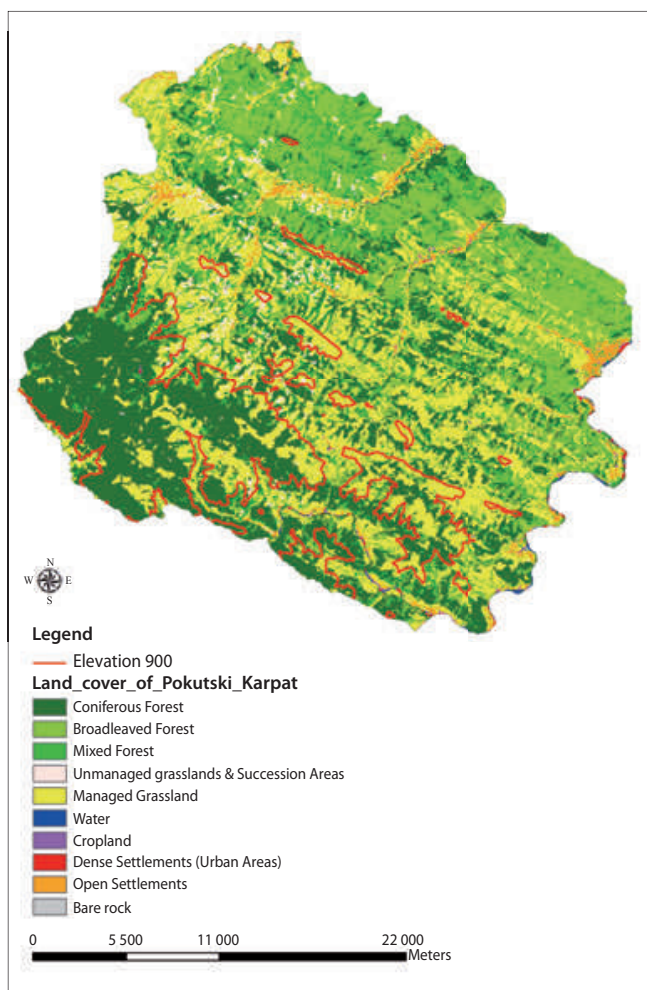


Рис. 1. Розподіл території Покутських Карпат за категоріями земель

Fig. 1. Distribution of the territory of the Pokuttia Carpathians by land categories

За матеріалами лісовпорядкування, виконаними для постійних лісокористувачів досліджуваного регіону впродовж останніх 15 років, площа лісів з перевагою в складі ялиці білої становить близько 3 тис. га. Аналіз розподілу площ за типами лісу показує, що майже 57% ялицевих лісостанів приурочено до *вологої буково-смерекової суяличини*, близько 13% – до *вологої букової яличини* та 12% – до *вологої буково-смерекової яличини*. Решту 18% площі ялицевих лісів приурочено до трьох ялицевих, дев'яти – букових та шести – смерекових типів лісу (рис. 2).

За походженням переважають природні ялицеві лісостани (74%). Решта площі ялицевих лісостанів представлена в основному насадженнями штучного походження, незімкнутими лісовими культурами та рідколіссям (рис. 3). Розподіл ялицевих лісів за віковою структурою свідчить про перевагу пристиглих, стиглих і перестійних деревостанів (48%), тоді як середньовікові деревостани займають 24, а молодняки – 28% (рис. 4).

Корінні ялицеві лісостани на території досліджуваного регіону займають площу близько 2,5 тис. га і представлені шістьма типами лісу, переважаючим серед яких є *волога буково-смерекова суяличина* (68%); *волога букова яличина* (15%) та *волога буково-смерекова яличина* (14%). На решту ялицевих типів лісу припадає лише 3% від загальної площі (рис. 5).

Структуру, стан природного поновлення і трав'яного вкриття у природних ялицевих лісах Покутських Карпат розглянемо на прикладі ППП №4 і №9, закладених у кв. 10, діл. 31 та у кв. 13, діл. 13 Косівського ПНДВ НПП «Гуцульщина». Обидва насадження, в яких закладено постійні пробні площі, ростуть в умовах *вологої смереково-букової суяличини*.

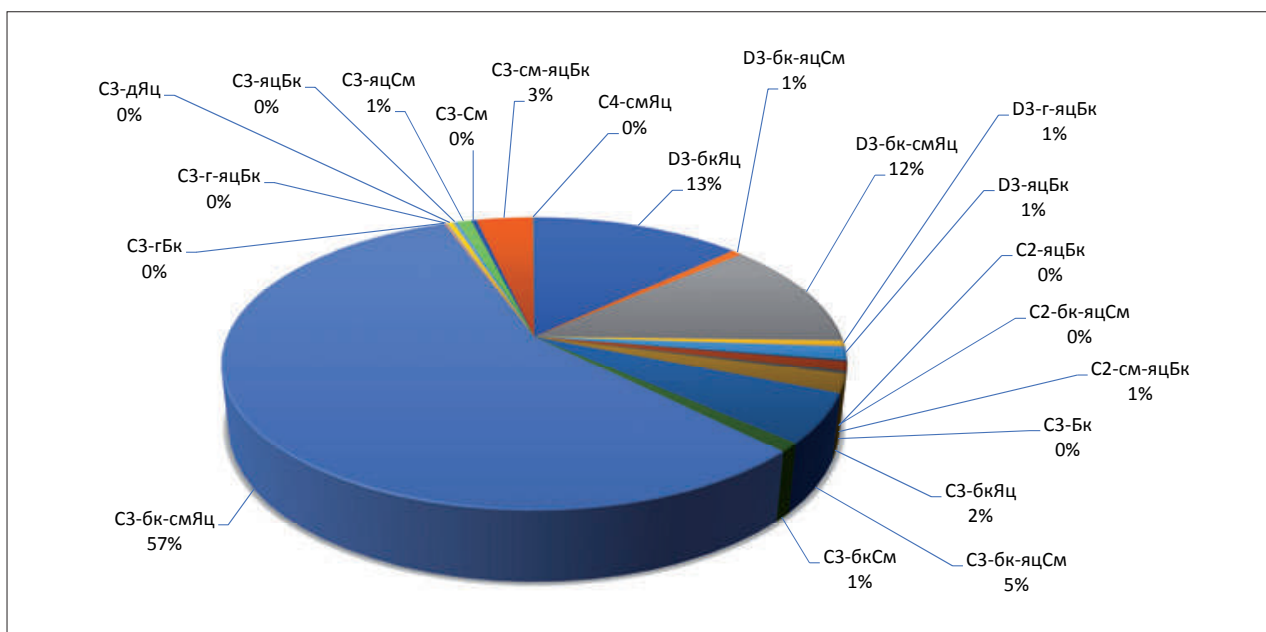


Рис. 2. Розподіл ялицевих лісостанів за типами лісу

Fig. 2. Distribution of fir forests by forest types



Рис. 3. Розподіл ялицевих лісостанів за походженням
 Fig. 3. Distribution of fir forests by origin

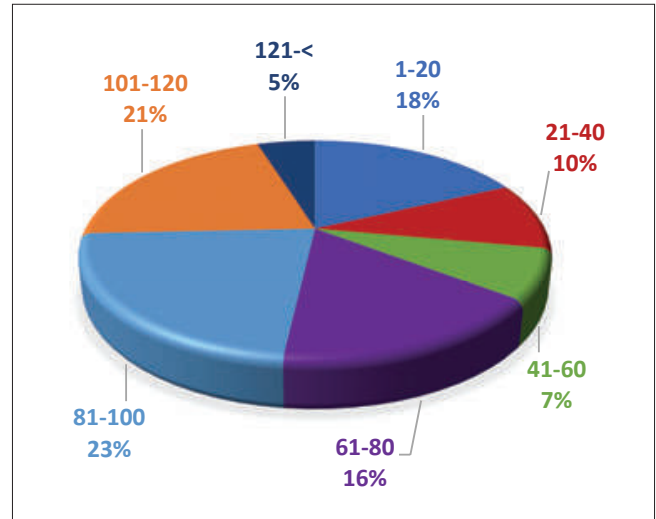


Рис. 4. Розподіл ялицевих лісостанів за віковою структурою

Fig. 4. Distribution of fir forests by age-class composition

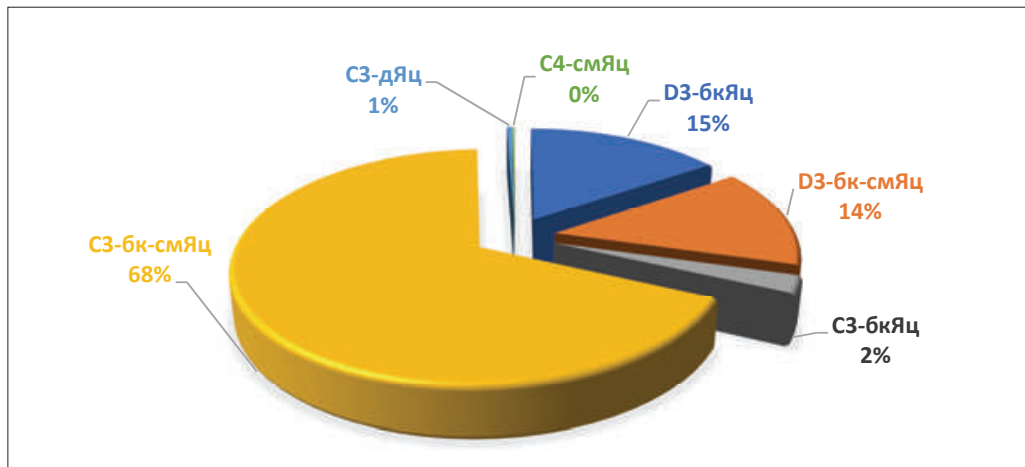


Рис. 5. Розподіл корінних ялицевих лісостанів за типами лісу

Fig. 5. Distribution of primary fir forests by forest types

Постійна пробна площа №4 (100 × 100 м) закладена в смереково-буково-ялицевому деревостані в 2007 р., а повторне її обстеження здійснено в 2014 році. Таксаційну характеристику за деревними видами наведено в табл. 1. За результатами досліджень, перший ярус формують ялиця біла та

бук лісовий, тоді як ялина європейська і граб звичайний представлені тут лише окремими екземплярами. Другий ярус формує переважно бук лісовий, а третій – ялиця біла, бук лісовий і граб звичайний. Склад насадження – 6,8Яц2,9Бк0,3См + Гз (рис. 6).

Таблиця 1. Таксаційні характеристики деревостану на ППП №4

Table 1. Mensurational characteristics of the forest stand on the permanent test plot No. 4

Деревний вид	Кількість дерев, шт.	Абсолютна повнота, м ²	Середні		Бонітет	Запас стовбурової деревини, м ³
			D, см	H, м		
Ялиця біла	179	25,26	42,	28,1	I	359,8
Бук лісовий	355	13,46	21,9	21,3		150,7
Ялина європейська	15	1,37	34,1	25,3		17,6
Граб звичайний	14	0,32	17,1	16,7		2,9
Разом на 1 га	563	40,32	30,2	24,6		531,0

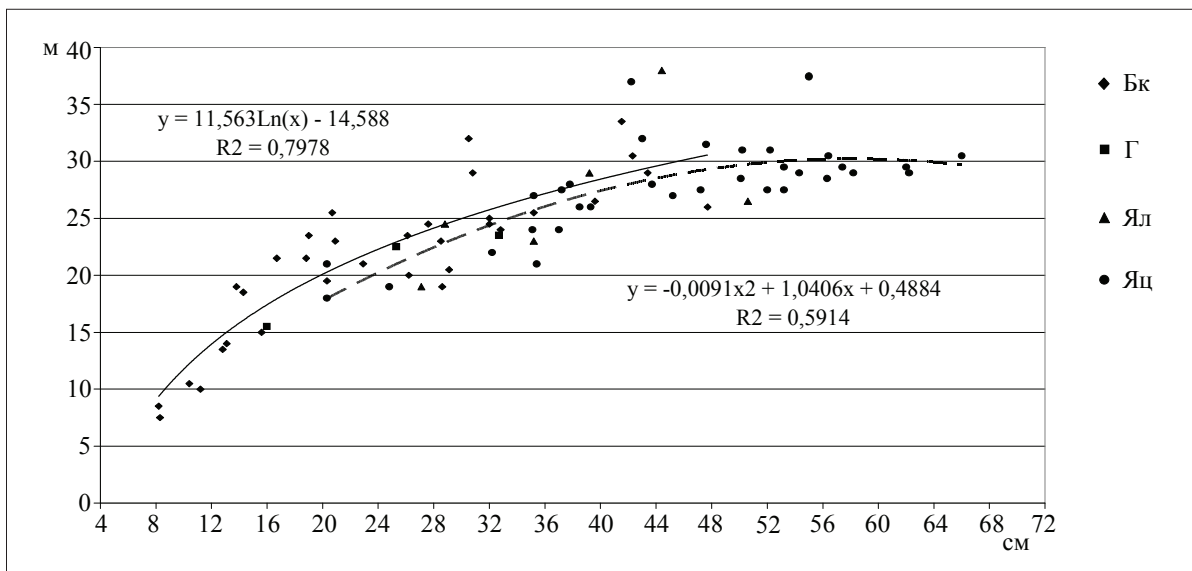


Рис. 6. Криві висот деревних видів на ППП №4

Fig. 6. Height curves of tree species on the permanent test plot No. 4

Отже, ППП №4 представлена триярусним, близьким до корінного, різновіковим ялиново-буково-ялицевим деревостаном за невеликої участі граба. Структура цього деревостану не зовсім відповідає типовій структурі різновікових мішаних ялицевих деревостанів – насамперед, внаслідок домінування дерев другого, а не першого ярусу. Варто відзначити досить значний розмах коливань діаметрів більшості порід: бука – від 6 до 66 см, ялиці – від 7 до 65, смереки – від 17 до 52 см. Це дає підставу стверджувати про різновіковість деревостану, а додатковим аргументом різновіковості є наявність трьох ярусів та підросту.

З лісівничого погляду, досліджуваний ялиново-буково-ялицевий деревостан знаходиться в доброму стані – кількість не пошкоджених дерев складає майже 63% (табл. 2). При цьому, найменше пошкодженими виявились дерева бука лісового, а най-

більше – ялини європейської та ялиці білої. Середні класи IUFRO дають уяву про лісівничі характеристики деревних видів. Основними видами пошкоджень є ураження вершини – середня частка пошкоджень становить близько 25%. Кількість сухих дерев лише трохи перевищує 5% і на 1,4% – це дерева хвойних порід. Із інших пошкоджень відзначено поперечний рак – у 29 дерев, нахил стовбура – у 26 і сухі сучки – у 16 дерев.

У досліджуваному насадженні також було обліковано мертву лежачу деревину за ступенями розкладання (табл. 3). Так, найбільший (45,8%) запас лежачої деревини перебуває на третій ступені розкладання. Значно менший запас лежачої деревини облікований на другій (29,8%) і першій (21,1%) ступенях розкладання, а гнилої лежачої деревини обліковано найменше (8,7%). Склад лежачої деревини за породами – 7,6Яц1,3Бк1,1Ял.

Таблиця 2. Пошкодженість дерев у ялиново-буково-ялицевому деревостані та середні класи IUFRO

Table 2. Damage to trees in the spruce-beech-fir forest stand and average IUFRO classes

Індекс деревного виду	Кількість дерев, шт.	Кількість дерев без пошкоджень, %	Класи IUFRO (середні)						Пошкодження	
			ярус	життєвість	положення	цінність	товарність	довжина крони	вид	частка, %
Яцб	177	54,8	1,3	1,7	1,8	4,5	4,5	5,0	вершини	24,9
Бкл	358	67,0	2,2	1,9	1,8	4,9	4,9	4,8	вершини	24,6
Ялє	15	53,3	1,6	1,9	1,8	4,6	4,1	5,5	вершини	26,7
Гз	13	61,5	2,4	2,0	2,2	5,1	5,2	4,4	вершини	23,1
На 1 га	563	62,7	1,9	1,9	1,8	4,8	4,7	4,9	вершини	24,7

Таблиця 3. Розподіл лежачої деревини в ялиново-буково-ялицевому деревостані за ступенем розкладання

Table 3. Distribution of downed deadwood in a spruce-beech-fir forest stand by degree of decomposition

Деревний вид	Запас, м ³ /га	В т.ч. за ступенем розкладання			
		свіжий	слабкий	сильний	гнилий
Ялиця біла	4,36	0,88	1,04	2,13	0,41
Бук лісовий	0,75	0,32	0,33	0,10	–
Ялина європейська	0,60	–	0,38	0,11	0,11
Граб звичайний	–	–	–	–	–
Разом	5,71	1,20	1,75	2,34	0,52
%	100,0	21,1	29,8	40,4	8,7

Загалом, запас мертвої лежачої деревини у лісостані є незначним, який зумовлений рівномірним природним відпадом. Поряд з цим, розподіл запасу лежачої деревини за ступенями розкладання відзна-

чається певною варіабельністю – найбільше деревини є сильно розкладеної, а гнилої – суттєво менше. Можна припустити, що значний обсяг лежачої деревини з'явився 15-20 років тому, після чого відпад практично припинився.

Під наметом ялиново-буково-ялицевого деревостану наявна значна кількість природного поновлення, яке представлене трьома генераціями ялиці і бука. Підріст ялини і граба також присутній, але у вигляді окремих екземплярів (табл. 4).

Так, основну частину природного поновлення ялиці складає підріст до 10 років заввишки до 50 см та кількістю 8,3 тис. шт./га. Друга генерація підрослу ялиці (10-20 років) представлена екземплярами заввишки 50-300 см – їх обліковано близько 2,7 тис. шт./га. Молодих деревець ялиці заввишки понад 300 см (більше 20 років) обліковано 1,5 тис. шт./га.

Природне поновлення бука також формується переважно за рахунок підрослу заввишки до 50 см – їх кількість становить 9,8 тис. шт./га. Добре представлено також друге покоління бука заввишки 0,5-3,0 м із загальною кількістю 12,8 тис. шт./га. Третя генерація бука представлена окремими екземплярами. Склад підрослу – 6,2Бк3,4Яц0,4Ял + Гз.

Загалом, природне поновлення в ялиново-буково-ялицевому лісостані є достатнім і що особливо важливо – розташоване переважно у прогалинах намету, де існують добрі умови для формування нового покоління деревостану.

Таблиця 4. Видовий склад та кількість підрослу в ялиново-буково-ялицевому деревостані, шт./га
Table 4. Species composition and amount of advance growth in the spruce-beech-fir forest stand, pcs/ha

Деревний вид	Групи підрослу за висотою, см							Разом, шт./га
	10-30	30-50	50-70	70-90	90-130	130-300	>300	
Ялиця біла	4500	3800	900	700	500	600	1500	12500
Бук лісовий	4600	5200	2900	3300	4200	2400	200	22800
Ялина європейська	1200	100	–	–	–	–	–	1300
Граб звичайний	100	–	–	–	–	–	–	100
Разом	10400	9100	3800	4000	4700	3000	1700	36700
%	28,3	24,8	10,4	10,9	12,8	8,2	4,6	100,0

На продуктивність насадження, його стійкість, інтенсивність розвитку природного поновлення впливає також розташування особин на ділянці (рис. 7). За наведеною схемою, розташування дерев на площі має біогруповий характер, що є характерною ознакою для природних різновікових лісів. При цьому, найрівномірніше розташовані дерева бука та ялиці, що цілком закономірно для головних і переважаючих порід у корінному типі лісу. Відмітно, що основні біогрупи в таких мішаних деревостанах формуються переважно з однієї породи – бука або ялиці. Інші породи розміщені поодинокі або окремими невеликими куртинами.

Підлісок на ППП №4 представлений окремими кущами бузини чорної з середньою висотою

1,5 м. Проективне трав'яне вкриття становить 80% і представлено 29 видами судинних рослин, три з яких внесено до Червоної книги України. Моховий ярус слабо виражений, фрагментарний, проективне вкриття в межах 15%. Підстилка на пробній площі листяно-шпилькова, різної потужності та різного ступеня ферментації (Літопис природи..., 2015).

Структуру деревостану, де ялиця біла не є переважаючим деревним видом, проте росте в ялицевому типі лісу (*C₃-см-бкЯц*), проаналізуємо на прикладі постійної пробної площі №9, закладеної в кленово-ялицево-буковому деревостані складу 5,6Бк4,1Яц0,3Кля + Ял. Закладена в 2019 р. ППП має квадратну форму із розмірами сторін 71 × 71 м і площею 0,50 га. Це триярусний деревостан, який

росте у відносно багатих лісорослинних умовах (табл. 5).

Перший ярус формує в основному бук лісовий за невеликої участі ялиці білої. Другий ярус також сформований буком та ялицею, але їхня участь у складі ярусу є досить подібна. У другому ярусі також беруть невелику участь ялина і клен-явір.

У третьому ярусі переважає ялиця, бука значно менше, клен-явір займає незначну частку, а ялина відсутня взагалі.

Варто відзначити досить значний розмах діаметрів стовбурів деревних видів, що дає підставу стверджувати про різновіковість деревостану (рис. 8).

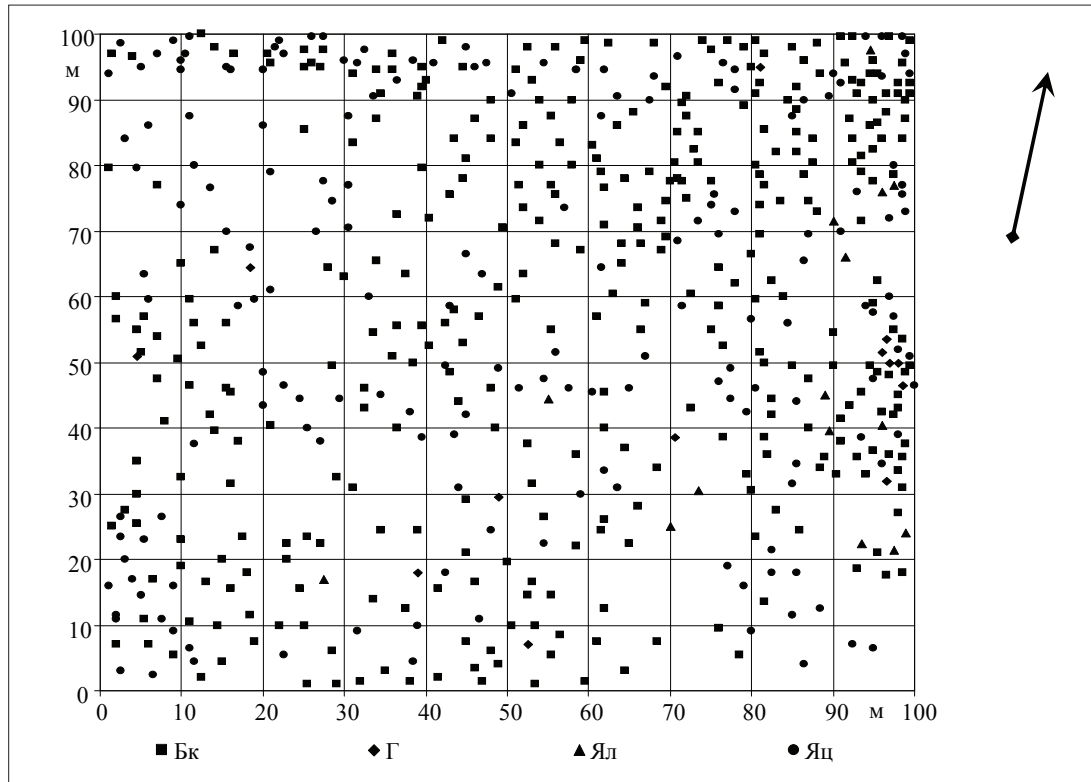


Рис. 7. Схема розташування деревних видів у смереково-буково-ялицевому деревостані

Fig. 7. Scheme of arrangement of tree species in a spruce-beech-fir forest stand

Таблиця 5. Таксаційні характеристики деревостану на ППП №9

Table 5. Mensurational characteristics of the forest stand on the permanent test plot No. 9

Деревний вид	Кількість дерев, шт.	G, м ²	Середні		Бонітет	Запас стовбурової деревини, м ³
			D, см	H, м		
Бук лісовий	89	12,17	41,7	23,8	I	170,8
Ялиця біла	155	8,98	27,1	20,8		125,8
Клен-явір	9	0,56	28,1	22,0		7,5
Ялина європейська	1	0,18	49,7	33,0		2,3
Разом на ППП	254	21,89	33,1	23,2		306,4
Всього на 1 га	508	43,77				612,8

Варто відмітити, що криві висот бука та явора є досить подібними. В ялиці спостережено повільніший ріст у молодому віці, проте пізніше її ріст пришвидшується.

Лісівничі показники визначали за методикою IUFRO, а їх середні класи відображають лісівничі характеристики деревних порід. З лісівничого погляду, деревостан на ППП знаходиться у доброму

стані (табл. 6). При цьому, найменш пошкодженими є дерева бука, ялиці та клена-явора, хоча різниця між цими відсотками в розрізі порід незначна.

Клас висоти підтверджує, що бук лісовий та ялиця біла мають подібні середні показники, а, отже, їхня біотична стійкість у цьому деревостані є також подібною. Потрібно зауважити, що саме ці деревні види мають високий клас лісівничої функції.

Найкращі життєві показники притаманні клену-явору, що зумовлено відносно невеликою кількістю його дерев, які до того ж мають молодий вік, і зосереджені як у верхньому, так і в нижньому ярусах.

У кленово-ялицево-буковому деревостані нами також обліковано мертву лежачу деревину за різни-

ми ступенями розкладання (табл. 7). Так, найбільший (41,8%) запас лежачої деревини відзначено на четвертій ступені розкладання. Менший запас лежачої деревини обліковано на третій (34,9%) і другій (22,6%) ступенях розкладання. Свіжої лежачої деревини обліковано найменше (0,7%). Склад лежачої деревини за породами – 8,2Яц1,8Бк.

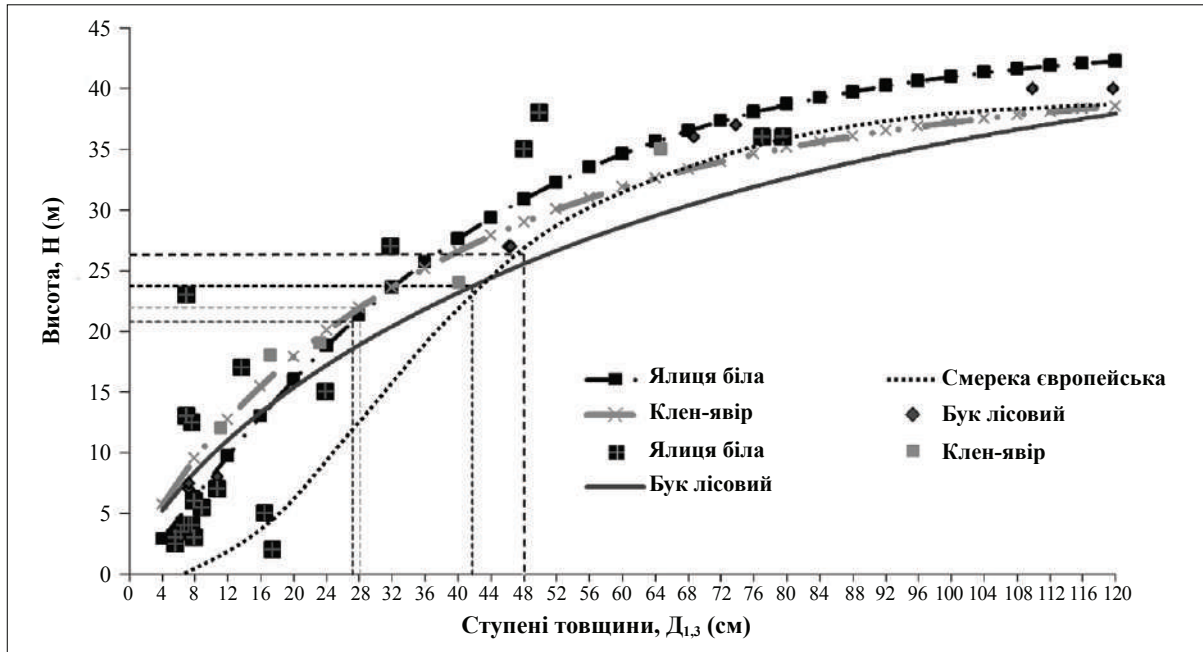


Рис. 8. Криві висот деревних видів на ППП №9

Fig. 8. Height curves of tree species on the permanent test plot No. 9

Таблиця 6. Середні класи IUFRO на ППП №9

Table 6. Average classes of IUFRO on the permanent test plot No. 9

Класи IUFRO	Середній клас за деревними видами				Загальний середній клас
	Бук лісовий	Ялиця біла	Клен-явір	Ялина європейська	
Клас висоти	2,36	2,12	2,44	2,00	2,21
Клас життєвості	2,27	2,17	1,89	3,00	2,20
Клас стану	2,42	1,33	0,56	3,00	2,34
Клас функції	4,91	4,83	4,67	5,00	4,85
Клас товарності	5,71	4,88	5,67	5,00	5,03
Клас довжини крони	5,38	5,37	4,78	5,00	5,35

Облікований обсяг природного поновлення на ППП вказує на недостатню кількість підросту головних деревних видів. Основна причина полягає у високій зімкнутості крон деревостану та у мозаїч-

Таблиця 7. Розподіл лежачої деревини у кленово-буково-ялицевому деревостані за ступенем розкладання

Table 7. Distribution of downed deadwood in a maple-beech-fir forest stand by degree of decomposition

Деревний вид	Запас, м ³ /га	В т.ч. за ступенем розкладання			
		свіжий	слабкий	сильний	гнилий
Бук лісовий	7,5	0,2	1,0	1,5	4,8
Ялиця біла	34,9	0,1	8,6	13,3	12,9
Клен-явір	–	–	–	–	–
Ялина європейська	–	–	–	–	–
Разом	42,4	0,3	9,6	14,8	17,7
%	100,0	0,7	22,6	34,9	41,8

ності розташування поновлення у прогалинах лісового намету (табл. 8). Найбільшу кількість природного поновлення спостережено в ялиці, в два рази менше – у клена-явора, значно менше – у бука та

ялини. Зазвичай підріст з'являється на площах, де внаслідок природного відпаду дерев покращується освітлення ділянки. Склад природного поновлення на ділянці – 6,3Яц2,9Кля0,8Бк + Ял.

Варто зазначити, що хоча перевага у складі деревостану належить буку лісовому, ялиця біла значно переважає у складі природного поновлення, що є характерною ознакою ялицевого типу лісу.

Окрім таксаційних показників деревостану, на постійній пробній площі також досліджено його просторову структуру (рис. 9).

Контагіозне розташування дерев підтверджує природне походження лісостану, що і надалі розвивається природним шляхом без втручання людини.

За індексом Шеннона (0,81) видове розмаїття лісостану є достатньо високим, тому деревостан потенційно має високу природну стійкість до негативної дії біотичних і кліматичних чинників.

На ППП виявлено багатий видовий склад трав'яних рослин – 34 види із загальним проективним вкриттям 60%. Однак домінування окремих видів не виявлено: більше 10% займають анемона дібровна (*Anemone nemorosa* L.) ожина шорстка (*Rubus hirtus* Waldst. et Kit.), підмаренник пахучий (*Galium odoratum* (L.) Scop.), зеленчук жовтий (*Galeobdolon luteum* Huds.), щитник чоловічий (*Dryopteris filis-mas* (L.) Schot) (Літопис природи..., 2021).

Таблиця 8. Видовий склад та кількість підросту в кленово-ялицево-буковому деревостані, шт./га
Table 8. Species composition and amount of advance growth in a maple-fir-beech forest stand, pcs/ha

Деревний вид	Групи підросту за висотою, см							Разом, шт./га
	10-20	20-30	30-50	50-70	70-90	90-130	>130 см	
Бук лісовий	–	–	–	–	200	–	100	300
Ялиця біла	100	–	300	900	100	500	900	2800
Клен-явір	1300	–	–	–	–	–	–	1300
Ялина європейська	–	100	–	–	–	–	–	100
Разом	1400	100	300	900	300	500	1000	4500

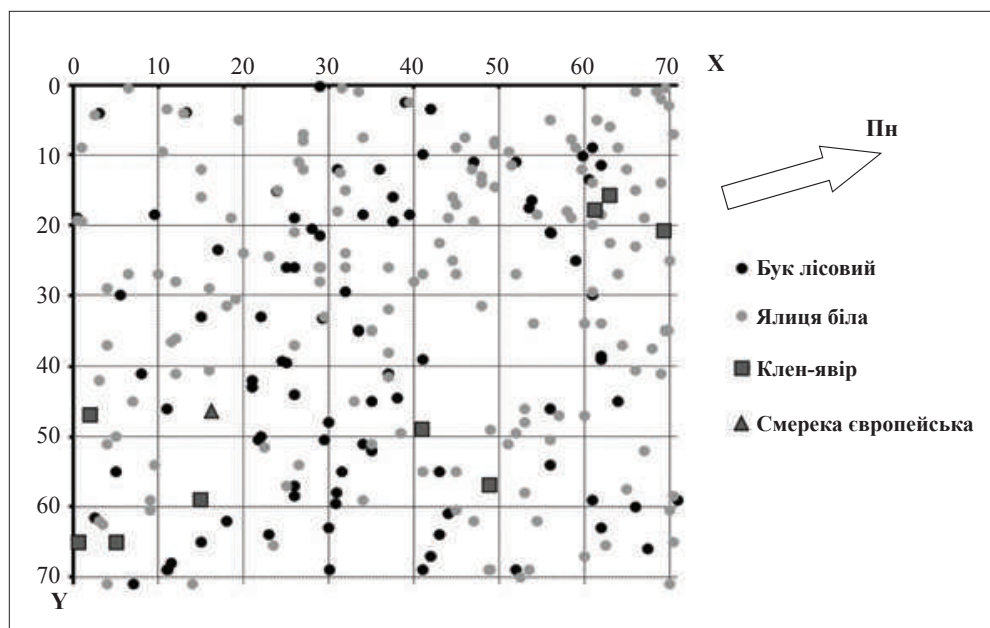


Рис. 9. Схема розташування деревних видів у кленово-ялицево-буковому деревостані

Fig. 9. Scheme of arrangement of tree species in a maple-fir-beech forest stand

Дискусія (Discussion). Стан, формування і розвиток лісостанів ялиці білої в Карпатському регіоні відбувається у тісному зв'язку з кліматичними, гідрологічними та едафічними умовами, а також у зв'язку з господарською діяльністю людини. У роботах дослідників, які вивчали стан, ріст і продуктивність ялицевих лісостанів зазначено, що ялиця

біла в Українських Карпатах є одним із основних лісоутворювачів не лише нижнього поясу гірських мішаних лісів, але й середнього, а також і верхнього – до висоти 1200 м н.р.м. (Швиденко, 1980; Тереля, 2004; Парпан, 2004). Карпатські яличини та суяличини – це не окрема стадія у розвитку букових лісів, а стійка природна формація, яка зберегла

ся, незважаючи на тривалий негативний антропогенний вплив.

Аналізуючи стан ялицевих і смерекових лісів у Карпатському регіоні у зв'язку з періодичними вітровалами, М. А. Голубець (1971) відзначав, що ялиця повинна бути віднесена до найперспективніших порід, оскільки її участь підвищує стійкість ялинників і сприяє підвищенню продуктивності лісів. Вікова структура ялицевих лісів впродовж тривалого періоду часу залишається більш-менш стабільною. Ще А. Й. Швиденко (1980) відзначав перевагу стиглих та перестійних ялицевих деревостанів у західному регіоні України, і така перевага існує й на сьогодні – 48% площі ялицевих лісів займають пристиглі, стиглі і перестійні лісостани.

Ялиця біла є типотвірною породою лише у сугрудах (С) та грудах (D) у висотному діапазоні 300-1000 м н.р.м. Оптимальні умови для її росту складаються в умовах вологого груду (D_3). Характерною кліматичною домішкою в ялицевих типах лісу виступають дуб, бук, ялина, а основними супутниками – клен-явір, граб, в'яз, ясен (Тереля, 2004). Наведений перелік деревних видів в ялицевих типах лісу характерний і для Покутських Карпат за винятком дуба звичайного.

У межах Карпатського ареалу ялиці білої Б. Ф. Остапенко (1961) виділив 12 типів лісу, в корінних лісостанах яких є домішка ялиці, А. Й. Швиденко (1980) – 14 типів лісу. За М. А. Голубцем (2003) лише на території Покутських Карпат ялицеві ліси представлені 19-ма типами лісу. Нами на цій території виділено 17 типів лісу, у корінних деревостанах яких бере участь ялиця біла.

Чисті насадження ялиці білої у Карпатському регіоні трапляються рідко. Переважають лісостани з перевагою ялиці у складі деревостану, а також на значних площах ялиця не має переваги в складі, але є компонентом букових, дубових та ялинових лісостанів. Ці аспекти відзначено не лише нами на території Покутських Карпат, але й іншими дослідниками для Карпатського регіону загалом (Тереля, 2004; Парпан, 2004). На думку А. Й. Швиденка (1980), природні ялицеві ліси повинні бути різновіковими, що зумовлено високою тінновитривалістю ялиці, високою життєздатністю підросту в умовах недостатнього освітлення, можливістю інтенсифікувати ріст після покращення умов освітлення.

Досліджуючи просторову структуру ялицевих лісів І. П. Тереля (2004) встановив, що у стиглих деревостанах ялиця має випадковий характер розташування, тоді як її супутники (бук і смерека) мають групове розташування. Наші дані дещо різняться, оскільки нами спостережено переважно біогруповий характер розміщення дерев на ділянці, що є характерною ознакою для різновікових природних лісів.

Структуру корінного типу деревостану в ялицевих типах лісу визначають біоекологічні особливості ялиці, бука та ялини в конкретних кліматичних і ґрунтово-гідрологічних умовах – їхня тінновитривалість, висока поновлювальна здатність, швидкість

росту, конкурентоздатність. Корінний смереково-буково-ялицевий деревостан представляє собою не випадкове поєднання деревних видів та інших компонентів лісу, а стабільне лісове угруповання, яке сформувалось у процесі еволюції і в якому деревні компоненти добре пристосовані до сумісного зростання. Оскільки в умовах екологічного оптимуму кожен деревний вид відзначається максимальною стійкістю, довговічністю та продуктивністю, то саме район Покутських Карпат є високо сприятливим для формування корінних мішаних ялицевих деревостанів у відповідних типах лісу.

Висновки (Conclusions). Ялицеві ліси у низькогір'ї та середньогір'ї Покутських Карпат зростають на висотах в основному до 900 м н.р.м. і виконують переважно захисні функції.

Ялиця біла в умовах Покутських Карпат виступає і як типотвірний деревний вид, і як характерна кліматична домішка у смерекових і букових лісах регіону. Лісостани в ялицевих типах лісу певною мірою трансформовані, тому в яличинах і суяличинах переважаючими у складі деревостану часто є інші деревні види – насамперед бук лісовий.

Стан лісостанів з перевагою ялиці білої у складі, а також стан лісостанів, де ялиця не є домінуючим видом, але бере участь у складі деревостанів, характеризується наступними показниками: значною кількістю дерев та високим запасом деревостану; відносно невеликим запасом мертвої лежачої деревини; середньою кількістю підросту; близькою до середньої життєвістю дерев і високою їхньою товарністю; незначним антропогенним впливом.

Стійкість деревних видів в смереково-букових суяличинах є високою – частка здорових дерев складає близько 60%. Структура корінних ялиново-буково-ялицевих лісостанів, а також ялицево-букових лісостанів в умовах вологої смереково-букової суяличини є достатньо складною – деревостан складається з трьох ярусів і в його складі спостережено не менше чотирьох деревних видів.

За наявності «вікон» і прогалів природне поновлення під наметом деревостанів в умовах вологих смереково-букових суяличин є достатнім і в змозі забезпечити формування нових лісових поколінь.

В умовах вологої смереково-букової суяличини насадження з перевагою ялиці білої в складі відзначаються високими запасами стовбурової деревини, що підтверджує важливу лісогосподарську роль ялиці білої для Покутських Карпат.

Видове розмаїття і проективне трав'яне вкриття високе (60-80%), а загальна кількість видів коливається від 25 до 40. Зазвичай трапляються декілька лісових видів, включених до Червоної книги України.

Список літератури (References)

- Вайс, А. А. (2007) Классификация деревьев и горизонтальная структура ценозов. *Научный журнал КубГАУ*, 31(7), 1-13. [Vais, A. A. (2007) Classification of trees and horizontal structure of coenoses. *Scientific*

- journal of the Kuban State Agrarian University*, 31(7), 1-13. Retrieved from <http://ej.kubagro.ru/2007/07/pdf/14.pdf>] (in Russian)
- Вальтер, Г. (1982). *Общая геоботаника*. Москва: Мир [Walter, G. (1982). *General geobotany*. Moscow: World] (in Russian)
- Вицега, Р.Р., Гриник, Г.Г. (2004) Таксаційна будова смерекових деревостанів за діаметром. *Науковий вісник НЛТУ України*, 14(4), 55-58 [Vytseha, R. R., & Hrynyk, H. H. (2004). Taxation structure of spruce stands according to diameter. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 14(4), 55-58 Retrieved from https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2004/14_4/index14_4.htm] (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)
- Голубець, М. А. (1971). Темнохвойні ліси. В кн.: *Рослинність УРСР*. Київ: Наукова думка [Golubets, M.A. (1971). Dark coniferous forests. In: *Vegetation of the Ukrainian SSR*. Kyiv: Scientific thought] (in Ukrainian)
- Голубець, М. А. (2003). Геоботанічне районування Українських Карпат – основа раціонального природокористування. *Екологічний збірник: Екологічні проблеми Карпатського регіону, Наукове товариство ім. Т. Шевченка, XII*, 283-292 [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)
- Горошко, М.П., Миклуш, С.І., Хомюк, П.Г. (2004). *Біометрія*. Львів: Камула [Horoshko, M.P., Miklush, S.I., & Khomiuk, P.G. (2004). *Biometrics*. Lviv: Kamula] (in Ukrainian)
- Гостюк, З.В. (2021). *Ландшафтні комплекси Покутських Карпат: структура, процеси, охорона*: автореф. дис. ... канд. географ. наук: 11.00.01. Київ, Київський національний університет ім. Т. Шевченка [Hostiuk, Z. V. (2021). *Landscape complexes of the Pokut Carpathians: structure, processes, protection*. Doctoral dissertation. Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine] (in Ukrainian)
- Гриник, Г.Г. (2006). Дослідження впливу горизонтальної структури ялинових деревостанів на будову за відносними показниками морфологічних показників деревостанів ДП «Сколівське лісове господарство». *Науковий вісник НЛТУ України*, 16(6), 52-56 [Hrynyk, H. H. (2006). Investigating the influence of horizontal structure of the spruce stands on structure by to relative indicators of morphological indicators of stands of the Skole forestry state enterprise. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 16(6), 52-56. Retrieved from https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2006/16_6/index.htm] (in Ukrainian)
- Гром, М. М. (2005). *Лісова таксація*. Львів: УкрДЛТУ [Grom, M.M. (2005). *Forest taxation*. Lviv: Ukrainian State Forestry University] (in Ukrainian)
- Король, М. М., Горошко, М. П. (2000). Видове число та його зв'язок з іншими об'ємоутворюючими показниками. *Науковий вісник НАУ*, 25, 351-356. [Korol, M.M., & Horoshko, M.P. (2000). Tree form factor and its relation with other volume-forming indicators. *Scientific Bulletin of the National Agrarian University*, 25, 351-356] (in Ukrainian)
- Літоніс природи НПП «Гуцульщина»* (2015). Косів: НПП «Гуцульщина», т. 12 [*Annals of the nature of the national natural park "Hutsulshchyna"*] (2015). Kosiv: NNP "Hutsulshchyna", vol. 12] (in Ukrainian)
- Літоніс природи НПП «Гуцульщина»* (2021). Косів: НПП «Гуцульщина», т. 19 [*Annals of the nature of the national natural park "Hutsulshchyna"*] (2021). Kosiv: NNP "Hutsulshchyna", vol. 19] (in Ukrainian)
- Лосюк, В. П., Погрібний, О. О., Томич, М. В., Часковський, 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.P., Pohribnyi, O. O., Tomych, M. V., Chaskovskyy, O. H., Vandzhurak, P. I., & Debryniuk, Yu. M. (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)
- Миклуш, С. І., Горошко, М. П., Часковський, О. Г. (2006). *Геоінформаційні системи в лісовому господарстві*. Львів: НЛТУ України [Myklush, S.I., Horoshko, M.P., & Chastkovskyy, O.H. (2006). *Geoinformation systems in Forestry*. Lviv: Ukrainian National Forestry University] (in Ukrainian)
- Остапенко, Б. Ф. (1961). Классификация типов леса Северной Буковины. *Труды Харьковского сельскохозяйственного института*, 30, 42-51 [Ostapenko, B.F. (1961). Classification of forest types in Northern Bukovyna. *Proceedings of the Kharkov Agricultural Institute*, 30, 42-51] (in Russian)
- Парпан, Т. В. (2004). *Біоекологічні особливості ялиці білої (Abies alba Mill.) в лісових біогеоценозах Передкарпаття (генеза, відновлення, прогноз)*: автореф. дис. ... канд. біол. наук: 03.00.16. Дніпропетровськ, Дніпропетровський національний університет [Parpan, T. V. (2004). *Bioecological characters of Silver fir (Abies alba Mill.) in the forest biogeocenoses of Prykarpattia (genesis, regeneration, prediction)*. Doctoral dissertation. Dnipropetrovsk National University, Dnipropetrovsk, Ukraine] (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)
- Тереля, І. П. (2004). *Ялиця біла (Abies alba Mill.) у лісах Українських Карпат: стан відтворення та господарське використання*: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.03.03. Львів, УкрДЛТУ

[Terelya, I. P. *Norway Spruce (Abies alba Mill.) in forests of Ukrainian Carpathians: state, restoration and economic usage*. Doctoral dissertation. Ukrainian State Forestry University, Lviv, Ukraine. Retrieved from <http://www.irbis-nbuv.gov.ua/aref/20081124058260>] (in Ukrainian)
 Швиденко, А. И. (1980). *Пихтовые леса Украины*. Львов: Вища школа [Shvidenko, A. I. (1980). *Fir forests of Ukraine*. Lviv: High school] (in Russian)

The condition and structure of fir forests of the Pokuttia Carpathians

V. Losyuk¹, O. Pohribnyi², M. Tomych³,
 O. Chaskovsky⁴, P. Vandzhurak⁵

Fir forests grow in the low- and middle mountain relief of the Pokuttia Carpathians at altitudes mainly up to 900 m above sea level. *Abies alba* Mill. in the conditions of the Pokuttia Carpathians acts both as a type-forming tree species and as a characteristic climatic admixture in the spruce and beech forests of the region. Forest stands in fir types of forest are transformed to a certain extent, therefore in fir forests and in fairly fertile fir forest types other tree species often predominate in the composition of the stand – primarily European beech.

Coniferous forests of the Pokuttia Carpathians below 900 m above sea level occupy an area of about 10 000 hectares. To determine the area, the latest GIS research methods, multi-channel Landsat satellite images and the current borders of the Pokuttia Carpathians were used. According to the inventory materials of the forest management units, the fir forests of the

Pokuttia Carpathians occupy an area of about 3 thousand hectares, of which about 2.5 thousand hectares are primary forest stands with the predominance of fir, and fir-involving forests are found in an area of about 6 thousand hectares. Fir forests are associated with six fir-, nine beech-, and six spruce forest types. By origin, natural fir forests predominate (about 75%), and the rest of the area is occupied by forest plantations and semi-natural silver fir forests. The distribution of fir forests by age-class composition shows the predominance of maturing, mature and over mature stands (48%), while young stands occupy 28%, and mid-aged ones – 24%. Fir forests of the Pokuttia Carpathians are represented by 17 forest types.

The main mensurational characteristics of natural fir forests with a predominance in the composition of silver fir and other natural forests with the participation of this tree species are analyzed by the example of permanent test plots (PTP No. 4) and (PTP No. 9) laid out in the territory of the forest fund of the national nature park «Hutsulshchyna». The field studies were carried out at five-year intervals in accordance with the Level II environmental monitoring methodology under the “ICP-Forest” program, partially supplemented by the provisions of generally accepted forest mensurational methods. Based on the results of the studies, it can be stated that changes in the species composition of the fir forests, as well as in the forests involving silver fir, contribute to the formation of mixed and steady-state stands.

The condition of forest stands with the predominance of *Abies alba* in the composition, as well as the condition of forest stands where fir is not the dominant species, are characterized by the following indicators: a significant number of trees and a high growing stock; a relatively low stock of downed deadwood; an average amount of advance growth; close to the average vitality of trees and their high merchantability; insignificant anthropogenic impact.

The resistance of tree species in spruce-beech fairly fertile fir forest type stands is high – the share of healthy trees is about 60%.

The structure of primary spruce-beech-fir forests, as well as fir-beech forest stands in the conditions of moist spruce-beech fairly fertile fir forest type is quite complex – the stand consists of three tiers and at least four tree species were observed in its composition.

In the presence of clearings and gaps, the natural regeneration of stands under the canopy in the conditions of moist spruce-beech fairly fertile fir forest type is quite possible and it is able to ensure the formation of new forest generations.

In the conditions of moist spruce-beech fairly fertile fir forest type, the stands with the predominance of silver fir in the composition are characterized by high stocks of stemwood, which confirms the high forestry role of silver fir for the Pokuttia Carpathians.

Key words: forest fund; fir forests; fir-involving forests; forest stand; downed deadwood; natural regeneration; grass cover.

¹ *Vasyl Losyuk* – Corresponding Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, PhD in Agricultural Sciences, Researcher. National Nature Park «Hutsulshchyna», 84 Druzhba st., Kosiv, Ivano-Frankivsk region, 78600, Ukraine. Tel.: +03478-23709. E-mail: losyuk@i.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1807-1264>

² *Oleh Pohribnyi* – PhD in Agricultural Sciences, Head of the Scientific Research Department. National Nature Park «Hutsulshchyna», 84 Druzhba st., Kosiv, Ivano-Frankivsk region, 78600, Ukraine. Tel.: + 03478-23709. E-mail: pogribnyj@i.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8428-6514>

³ *Maria Tomych* – PhD in Biological Sciences, Head of the Laboratory of Environmental Monitoring. National Nature Park «Hutsulshchyna», 84 Druzhba st., Kosiv, Ivano-Frankivsk region, 78600, Ukraine. Tel.: +03478-23709. Email: maritom82@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7274-3618>

⁴ *Oleh Chaskovsky* – Corresponding Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of forestry management and inventory. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: +0322-378094. E-mail: oleh.chaskov@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0361-0624> Scopus ID: 26323447500

⁵ *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>



УДК 630*228.7

Динаміка природного поновлення бука лісового за результатами проведення доглядових та групово-вибіркових рубок

П. П. Пліхтяк¹, П. Г. Хомюк²

На ділянці високоповнотного та високобонітетного букового деревостану 75-річного віку проаналізовано результати проведення прохідної рубки слабкої інтенсивності у вологій грабово-ялицевій субучині. Описано таксаційну характеристику насадження до і після виконання господарського заходу, встановлено зміни якісного стану дерев та категорій технічної придатності. На ділянці середньоповнотного букового деревостану I класу бонітету вологій грабовій бучині віком 122 роки здійснено лісівничу оцінку виконання групово-вибіркової рубки слабкої інтенсивності. Виконано порівняння таксаційних показників деревостану до і після рубання, оцінено санітарний стан стовбурів тих дерев, які були вилучені з деревостану і тих, які залишилися на ділянці. За результатами проведення прохідної та групово-вибіркової рубки встановлено позитивний ефект від здійснення цих господарських заходів, який проявився у збільшенні кількості надійного підросту та його приросту за діаметром. Однією з причин такого ефекту можна вважати те, що зрубання екземплярів, які представляли категорії ослаблених і дуже ослаблених дерев на ділянці прохідної рубки та ослаблених і відмираючих – на ділянці групово-вибіркової рубки, дало змогу забезпечити сприятливі умови для розвитку підросту. На двох ділянках проведено облік підросту до і після рубки за деревними видами, групами висот, категоріями санітарного стану, простежено динаміку густоти. Встановлено, що на місці проведення прохідної рубки у перші п'ять років у категорії здорових екземплярів найбільше виявлено екземплярів бука лісового заввишки до 0,25 м, а найуразливішим до нових екологічних умов виявився підріст заввишки 0,26–0,50 м. На місці проведення групово-вибіркової рубки впродовж перших п'яти років зафіксовано зменшення кількості мало-мірного підросту заввишки до 0,25 м і 0,26–0,50 м та збільшення кількості великомірного підросту заввишки понад 1,5 м. Експериментально доведено, що науково-обґрунтоване проведення прохідної рубки сприяє збільшенню кількості надійного підросту головної породи і забезпечує перехід пригнічених екземплярів у здорові, а групово-вибіркової – забезпечує подальший успішний ріст букового підросту й пришвидшує його адаптацію до нових екологічних умов.

Ключові слова: тип лісорослинних умов; тип лісу; таксаційні показники; динаміка підросту; прохідна рубка; групово-вибіркова рубка; розподіл кількості дерев.

Вступ (Introduction). За останніми результатами аналізу повидільної бази даних лісгосподарських підприємств в Українських Карпатах виявлено, що деревостани за участю бука лісового поширені на площі 365,8 тис. га (Гриник, 2012). Типологічне різноманіття насаджень, де бук лісовий

виступає головною типотвірною породою, представлено 20 типами лісу (Герушинський, 1996), серед яких найпоширенішими є волога чиста бучина (19,11%), волога смерекомо-ялицева субучина (12,41%), волога чиста субучина (11,58%), волога грабова бучина (10,50%) та свіжа грабова

¹ Пліхтяк Петро Петрович – лісничий, державне підприємство «Кутське лісове господарство», вул. Січових Стрільців, 1, смт Яблунів, 78621, Косівський район, Івано-Франківська обл., Україна. Тел.: +38-03478-3-66-44. E-mail: kdhlhis@ukr.net

² Хомюк Петро Григорійович – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри лісової таксації та лісовпорядкування. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: 032-239-27-46, +38-067-670-50-17. E-mail: khompetro@nltu.edu.ua ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4409-9180>

бучина (10,48%). Окрім цього, у формуванні 19 типів лісу бук лісовий бере участь як характерна типологічна домішка (Герушинський, 1996).

Про особливу увагу до букових насаджень в Українських Карпатах свідчить низка вагомих праць з вивчення особливостей поширення, рівня продуктивності та організації ведення господарства в них (Пастернак, Чубатый, 1961; Молотков, 1972; Остапенко, Герушинський, 1975; Стойко, 1977; Сабан, 1982; Frățilă, 2003; Parviainen, 2003; Krynytskyu, Chernyavskyu, 2014; Barna, 2015; Шпарик, Криницький, Дебринюк, 2020) та ін.

Аналіз наукових праць за останнє десятиріччя виявив, що одним із важливих напрямів досліджень було вивчення можливостей лісових насаджень з переважанням бука лісового підтримувати стабільність екосистеми (Іжик, Чернявський, 2013). Зокрема відзначено, що цикл розвитку букового пралісу може сягати 300 років, а одним із обмежувальних чинників лісовідновлювального процесу є висока зімкнутість материнського намету, що зумовлює обмежений доступ світла і тепла до підросту. Автори зазначають, що головним чинником початку лісовідновлення у пралісах є «локальні дрібноділянкові порушення структури деревостанів», внаслідок яких утворюються великі «вікна», що забезпечують появу необхідних екологічних чинників для формування й подальшого росту молодих сходів бука.

Серед публікацій, які стосуються математичного моделювання динаміки букових деревостанів за окремими таксаційними ознаками, можна відзначити наукову працю з оцінювання багатомірної будови букових деревостанів (Каганяк, Ільків, Гаврилюк, 2021). Авторам вдалося за допомогою моделі багатовимірної розподілу виконати розрахунок запасів деревини, а також формалізувати процес проектування рубок догляду у букових деревостанах.

Результати вивчення фактичної і потенційної продуктивності букових деревостанів виявили, що в оптимальних для них екологічних умовах можливе нагромадження деревини у віці головного користування до $320\text{--}370\text{ м}^3\cdot\text{га}^{-1}$ за умови дотримання оптимальної відносної повноти, а найвищі значення продуктивності можливі у віці 161-180 років – $458\text{ м}^3\cdot\text{га}^{-1}$ (Шишканинець, Мазепа, Тереля, 2014). При цьому використання типологічного потенціалу може становити 84-90%.

Багато наукових праць присвячено особливо важливій лісівничій проблематиці – природному відновленню букових деревостанів (Тышкевич, Генсирук, 1954; Молотков, Мамонов, Гниденко, Молоткова, 1971; Цурик, 1980; Shparuk, Wuergel, Comarnot, Sukharyuk, 2008; Бачинська, 2009; Гербут, Бродович, 2009; Левченко, Рошнівський, 2010; Barna, Bosela, 2015; Шишканинець, Мазепа, Тереля, 2014; Жук, Костишин, Федоряк, 2021).

Ґрунтовні узагальнення з оцінювання природного поновлення можна знайти у науковій публікації В. В. Лавного та ін. (2021). У роботі доволі широко

представлено теоретичний матеріал з аналізу літературних джерел щодо характеристики природного поновлення під материнським наметом, здійснено критичний аналіз ходу природного поновлення в експлуатаційних букових лісах і пралісах в регіоні.

Окрім цього, варто згадати тематику дисертаційних робіт, яка останнім часом стосувалася здебільшого дослідження морфологічної і таксаційної будови маргінальних букняків (Ільків, 2004), динамічних тенденцій формування букових насаджень (Куриляк, 2007), особливостей таксаційної будови та розмірно-якісних характеристик перестійних букняків (Гайчук, 2019), вивчення особливостей росту і встановлення енергетичного потенціалу найпоширеніших букових деревостанів (Слюсарчук, 2020), структури надземної фітомаси (Задорожний, 2021) та ін.

Серед наукових праць загального характеру варто відзначити ті, які спрямовані на розроблення довгострокової стратегії зі збереження букових лісів (Гамор, 2012; Зиман, 2013).

Загалом варто підсумувати, що незважаючи на значну кількість наукових публікацій, питання природного поновлення букових деревостанів залишається актуальним у зв'язку із теперішніми викликами щодо стабільного функціонування лісових екосистем, пов'язаними з глобальним потеплінням. Також на сьогодні є обмежений обсяг ґрунтового аналізу особливостей динаміки кількості екземплярів підросту бука лісового після проведення у деревостанах окремих господарських заходів.

Мета роботи – вивчити особливості зміни кількості екземплярів природного поновлення деревних видів у букових деревостанах за результатами проведення різних господарських заходів упродовж перших п'яти років, дати їм лісівничу оцінку, встановити зміни у таксаційній характеристиці насаджень до і після рубок.

Об'єкти та методика досліджень (Objects and methods). *Об'єкт досліджень* – мішані букові деревостани вологої грабово-ялицевої субучини і вологої грабової бучини, які поширені у лісовому фонді НПП «Гуцульщина» Косівського ПНДВ. *Предмет досліджень* – динаміка кількості екземплярів природного поновлення деревних видів у найпоширеніших типах лісу після виконання господарських заходів, зміна якісних і кількісних таксаційних ознак деревостанів.

Для вивчення особливостей природного поновлення було проаналізовано матеріали лісовпорядкування з метою виявлення таксаційних виділів, в яких запроєктовані доглядові та головні рубання. Експериментальні дослідження з оцінювання природного поновлення виконані на семи пробних ділянках (ПД), з яких для встановлення особливостей зміни кількості екземплярів природного поновлення бука лісового за результатами проведення прохідної і групово-вибіркової рубок обрано дві з них.

Вивчення динаміки природного поновлення бука лісового за результатами господарської діяльності здійснювали на ділянках після проведення догля-

дового та головного рубання. Облік підросту проводили за методикою А. Й. Швиденка, Б. Ф. Остапенка (2001) на площі 40 м² у типі лісу С₃-г-яцБк у місці проведення прохідної рубки слабкої інтенсивності (13% за запасом) і на площі 100 м² у типі лісу D₃-гБк на місці проведення групово-вибіркової рубки також слабкої інтенсивності (7% за запасом). На обраних ділянках облік підросту виконували за деревними видами, групами висот (до 0,25 м, 0,26-0,50 м, 0,51-1,5 м, більше 1,5 м), категоріями стану підросту (здорові, пригнічені).

Таксаційні характеристики деревостанів до і після рубки встановлювали за загальноприйнятими у лісовій таксації методиками на основі результатів суцільного переліку дерев на ділянках (Цурик, 2000; Гром, 2010). Для встановлення відносної повноти деревостану до і після зрубування

дерев використано стандартні таблиці сум площ перерізів і запасів деревостанів за відносної повноти 1,0 (Швиденко та ін., 1987).

Результати (Results). Для вивчення динаміки природного поновлення вибрано дві ділянки з переважанням бука лісового у складі, таксаційна характеристика яких наведена в табл. 1.

На першій ділянці високоповнотний буковий деревостан в умовах вологої грабово-ялицевої субучини характеризується високим I^a класом бонітету і є доволі високопродуктивним. Відносна повнота 0,94 не сприяла появі природного поновлення у достатній кількості. Друга ділянка представлена буковим деревостаном в умовах вологої грабової бучини I класу бонітету, який характеризується середньою відносною повнотою і невисоким запасом.

Таблиця 1. Таксаційна характеристика букових деревостанів на пробних ділянках
Table 1. Forest inventory indicators of beech stands on trial plots

ПД	Кв., вид.	Склад	Індекс типу лісу	Вік, роки	Бонітет	Середній діаметр, см	Середня висота, м	Абсолютна повнота, м ² ·га ⁻¹	Відносна повнота	Запас, м ³ ·га ⁻¹	Густина, шт. на 1 га
1	31, 11	10Бкл + Дз, Гз, Яцб	С ₃ -г-яцБк	75	I ^a	27,9	27,3	39,5	0,94	469	675
2	3, 1	10Бкл + Гз	D ₃ -гБк	122	I	38,7	31,5	23,6	0,56	342	206

З метою сприяння появи надійного природного поновлення на цих ділянках проведено, відповідно, прохідну і групово-вибіркову рубку з дотриманням вимог, які регламентуються чинними нормативами. Кількість дерев, які були зрубані на ділянках, наведені на рис. 1-2.

На першій ділянці було зрубано 22 дерева бука лісового і одне – граба звичайного. Найбільша

їхня кількість (15 шт.) представлені 16 і 20 ступенями товщини за рахунок екземплярів, які відставали у рості і мали механічні ушкодження (зазвичай, обдерту кору). Стовбури дерев бука лісового з 32 до 48 ступенів товщини вилучали з деревостану через наявність морозобійних тріщин і розлогих крон, які найсильніше затінювали підметовий простір.

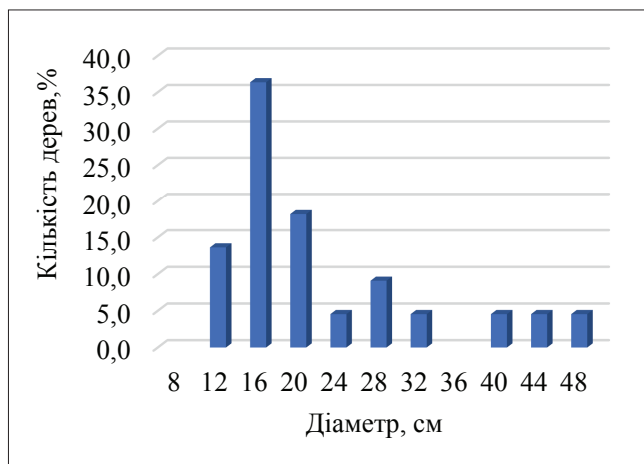


Рис. 1. Кількість зрубаних дерев на ділянці з прохідною рубкою

Fig. 1. The number of felled trees in the area with late thinning

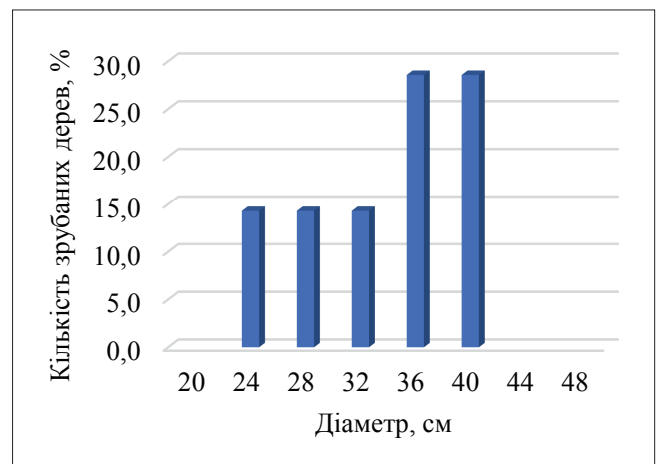


Рис. 2. Кількість зрубаних дерев на ділянці з групово-вибірковою рубкою

Fig. 2. The number of felled trees in the area with group-selection felling

За категоріями стану стовбури зрубаних дерев розподілялися таким чином: I (без ознак ослаблення) – 22,7%, представлені великомірними екземплярами ступенів товщини 40-48 см; II (ослаблені) – 54,5% і III (дуже ослаблені) – 22,8%, представлені ступенями товщини 12-32 см. Усі стовбури зрубаних дерев віднесено до другого (36%) і третього (64%) класів якості за товарністю.

На другій ділянці було зрубано дев'ять дерев бука лісового і два – граба звичайного. Найбільша кількість представлена екземплярами 36-40 ступенів товщини. Усі зрубані стовбури бука характери-

зувалися низьким (третім) класом якості, наявністю обдертої кори на стовбурах і кореневих лапах, а за категоріями стану розподілилися таким чином: II (ослаблені) – 57%, III (дуже ослаблені) – 14%, IV (відмираючі) – 29% (рис. 3).

Аналіз наведених розподілів свідчить, що прохідна рубка була виконана за рахунок ослаблених і дуже ослаблених дерев головної породи, а групово-вибіркова – за рахунок ослаблених та відмираючих екземплярів. Як наслідок, на цих же ділянках отримали нові значення таксаційних показників букових деревостанів (табл. 2).

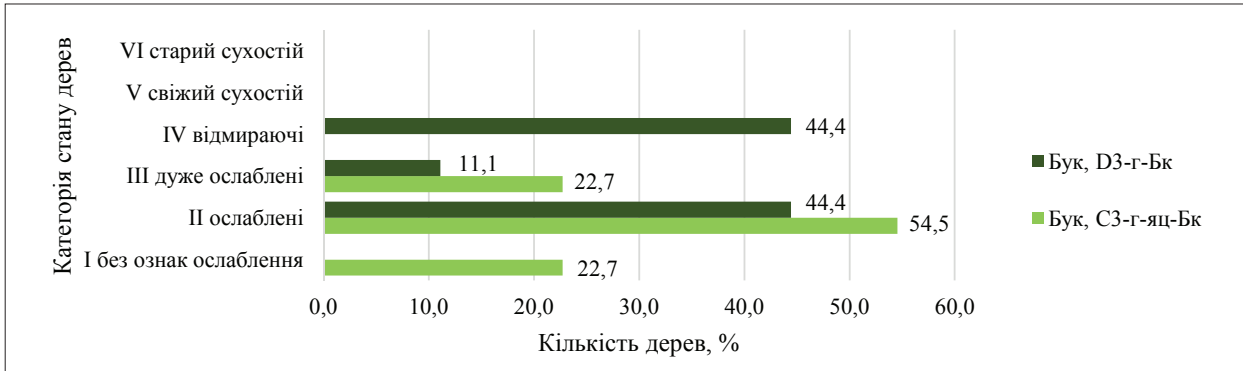


Рис. 3. Розподіл зрубаних дерев за категоріями стану
Fig. 3. Distribution of felled trees by condition categories

Таблиця 2. Таксаційна характеристика букових деревостанів на ділянках до і після рубок
Table 2. Forest inventory indicators of beech stands in areas before and after felling

Деревний вид	Середній діаметр, см	Середня висота, м	Абсолютна повнота, м ² ·га ⁻¹	Відносна повнота	Запас, м ³ ·га ⁻¹	Густота, шт. на 1 га	Склад деревостану
Волога грабово-ялицева суббучина (C₃-г-яцБк)							
До проведення прохідної рубки							
Бук лісовий	27,9	27,3	38,20		455	625	
Граб звичайний	17,5	22,3	1,00		11	40	
Дуб звичайний	23,2	24,6	0,20	0,94	2	5	10Бкл+Дз,Гз,Яцб
Ялиця біла	17,2	22,2	0,10		1	5	
Разом			39,5		469	675	
Після проведення прохідної рубки							
Бук лісовий	31,4	28,0	33,00		394	520	
Граб звичайний	17,8	22,5	0,90		10	35	
Дуб звичайний	23,2	24,6	0,20	0,84	2	5	9Бкл1Гз+Дз,Яцб
Ялиця біла	17,2	22,2	0,10		1	5	
Разом			34,20		407	565	
Волога грабова бучина (D₃-гБк)							
До проведення групово-вибіркової рубки							
Бук лісовий	39,0	31,5	23,9		338	200	
Граб звичайний	24,5	28,9	0,2	0,56	4	6	10Бкл+Гз
Разом			24,1		342	206	
Після проведення групово-вибіркової рубки							
Бук лісовий	39,5	31,7	22,2		314	181	
Граб звичайний	25,0	29,0	0,1	0,52	2	3	10Бкл+Гз
Разом			22,3		316	184	

На першій ділянці відзначимо зменшення відносної повноти на 0,1, а також показників густоти, абсолютної повноти і запасу, проте середній діаметр і середня висота збільшились, відповідно, на 3,5 см (12,5%) і 0,7 м (2,5%). На другій ділянці відносна повнота знизилась на 0,04, а також зменши-

лись запас деревостану, його густота та абсолютна повнота. Незначні позитивні динамічні зміни відбулися щодо середнього діаметра (+ 0,5 см або 1,3%) і висоти (+ 0,2 м або 0,6%).

Після виконаних рубань на двох ділянках змінилася кількість дерев у ступенях товщини (рис. 4-5).

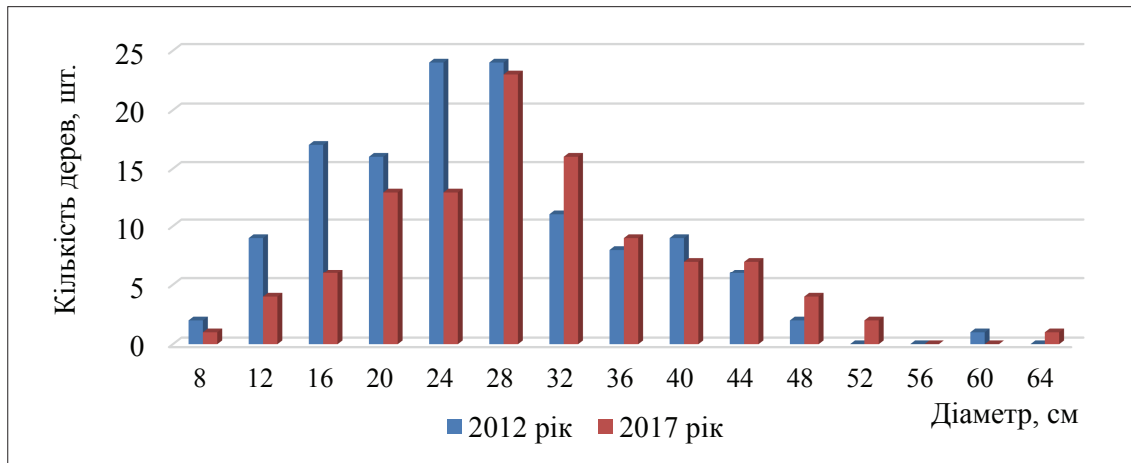


Рис. 4. Розподіл кількості стовбурів бука лісового за ступенями товщини до і після рубки у типі лісу волога грабово-ялицева суббучина

Fig. 4. Stem distribution of European beech trees by diameter class before and after felling in the hornbeam-fir-beech stand of the moist fairly fertile beech forest type

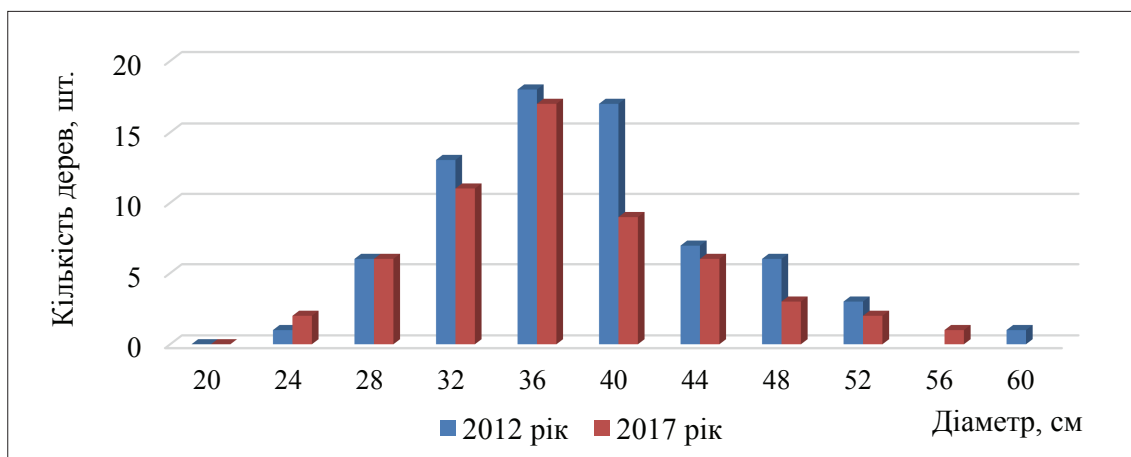


Рис. 5. Розподіл кількості стовбурів бука лісового за ступенями товщини до і після рубки у типі лісу волога грабова бучина

Fig. 5. Stem distribution of European beech trees by diameter class before and after felling in the hornbeam-beech stand of the moist fertile beech forest type

За рис. 4 підсумуємо, що впродовж п'яти років відбувся перерозподіл кількості дерев у ступенях товщини в бік більших значень. Отже, виконана прохідна рубка позитивно вплинула на приріст стовбурів дерев за діаметром, оскільки було вилучено саме ті дерева, які чинили перепону росту дерева майбутнього. Таким чином можна стверджувати, що на першій ділянці мета прохідної рубки – підвищення приросту кращих дерев за висотою та діаметром досягнута. На ділянці, де проводили групово-вибіркову рубку (рис. 5), у деревостані, який залишився, розподіл кількості стовбурів

за ступенями товщини зазнали незначних змін. Про позитивні наслідки господарських заходів свідчить також те, що після їх виконання покращився санітарний стан дерев та їхня товарна якість (рис. 6).

Загальною тенденцією для обох ділянок виявилось збільшення кількості дерев бука лісового без ознак ослаблення та зменшення дуже ослаблених, а також збільшення кількості ділових стовбурів і зменшення дров'яних.

Значення статистичних показників деревостанів на пробних ділянках за середнім діаметром до і після рубки наведено в табл. 3.

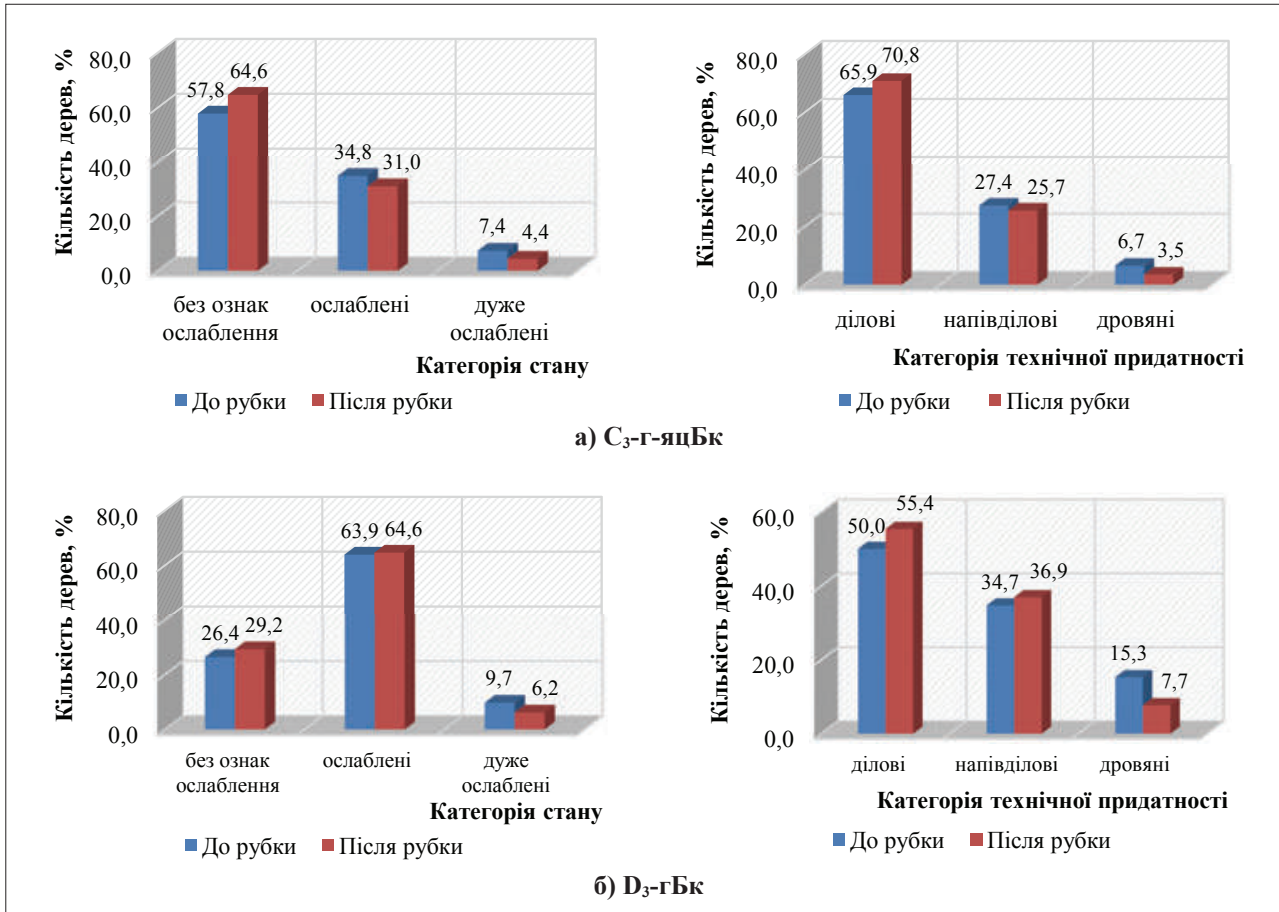


Рис. 6. Зміна кількості дерев за категоріями стану і технічної придатності до і після проведення рубок
 Fig. 6. Changes in the number of trees by categories of condition and merchantability before and after felling

Таблиця 3. Статистичні показники букових деревостанів за діаметром до та після проведення рубок
 Table 3. Statistical indicators of beech stands by diameter before and after felling

ПД	Середнє арифметичне	Основне відхилення	Коефіцієнт варіації	Асиметрія	Ексцес	Точність досліджу
Волога грабово-ялицева субучина (C₃-г-яцБк)						
2012 рік						
1	26,23 ± 0,85	9,60 ± 0,60	36,6 ± 2,0	+0,573 ± 0,216	+ 0,240 ± 0,431	3,22 ± 0,20
2017 рік						
1	29,74 ± 0,98	10,04 ± 0,69	33,8 ± 2,0	+ 0,505 ± 0,238	+ 0,396 ± 0,476	3,28 ± 0,23
Волога грабова бучина (D₃-г-Бк)						
Пробна площа	Середнє арифметичне	Основне відхилення	Коефіцієнт варіації	Асиметрія	Ексцес	Точність досліджу
2012 рік						
2	38,17 ± 0,80	6,80 ± 0,57	17,8 ± 1,1	+0,583 ± 0,289	+ 0,417 ± 0,577	2,10 ± 0,18
2017 рік						
2	40,13 ± 0,91	7,16 ± 0,64	17,8 ± 1,2	+ 0,467 ± 0,309	+ 0,077 ± 0,617	2,25 ± 0,20

Значення точності досліджу в межах 2-4% свідчить, що експеримент поставлений на статистично достовірному та однорідному матеріалі. Збільшення середньоарифметичного діаметра є зако-

номірним і відображає перерозподіл кількості дерев відносно класів групування (ступенів товщини) в бік, більший від середнього арифметичного. Для першої ділянки характерним є зменшення

варіабельності діаметрів дерев, що є наслідком вилучення менших екземплярів за значенням діаметрів, що стало причиною зменшення розмаху варіації. На другій ділянці мінливість середнього діаметра не зазнала змін, оскільки розмах варіації між найменшими і найбільшими діаметрами залишився практично незмінним.

Щодо показника косості кривої розподілу, який характеризується за значенням асиметрії, то можна відзначити помірно-виражену правосторонню асиметрію на обох ділянках, що свідчить про переважання у варіаційному ряді менших за значенням діаметрів дерев. Для рядів розподілу до і після проведення рубки абсолютні значення асиметрії практично не зазнали змін. За показником круто-

сті кривої, яку характеризує ексцес, криві розподілу відзначаються незначно вираженою туповерхинністю, що є наслідком великих за абсолютною величиною значень середньоквадратичного відхилення. Для насадження після проведеної групово-вибіркової рубки значення ексцесу стало значно меншим, що наближає криву розподілу до нормальної за Лапласом-Гаусом (рис. 7-8).

Проведена групово-вибіркова рубка позитивно вплинула на характер розподілу діаметрів дерев відносно ступенів товщини. Після виконаних прохідної та групово-вибіркової рубок на ділянках було здійснено облік природного поновлення, а повторний – через п'ять років. Отримані результати динаміки підросту за категоріями наведено на рис. 9-10.

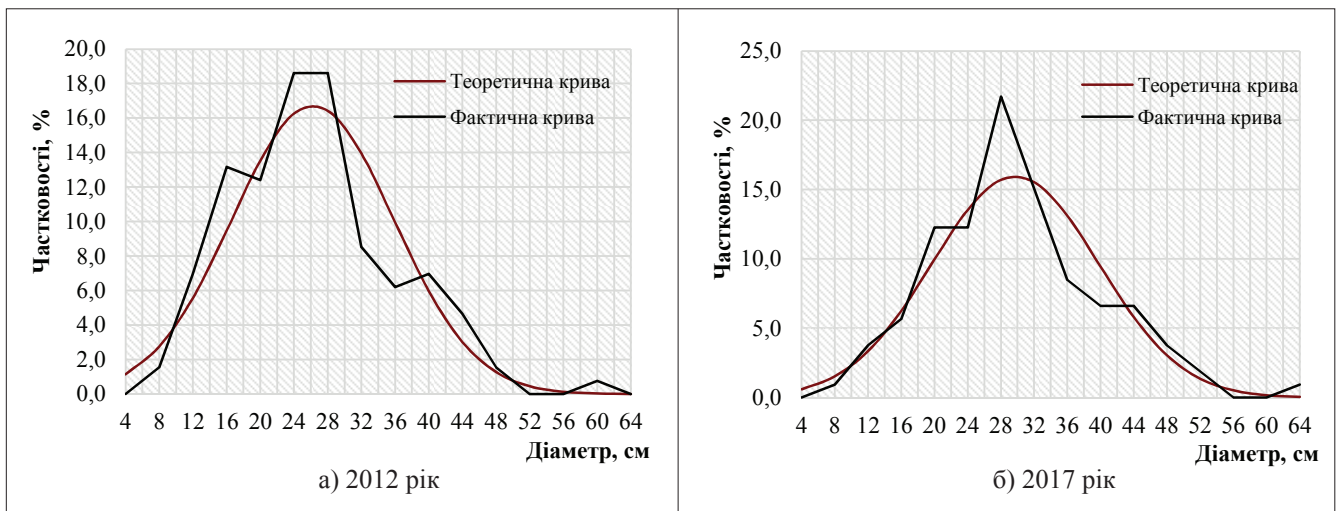


Рис. 7. Характеристика розподілів кількості дерев за ступенями товщини в деревостані вологої грабово-ялицевої суббучини

Fig. 7. Characteristics of the distributions of the number of trees by diameter class in the hornbeam-fir-beech stand of the moist fairly fertile beech forest type

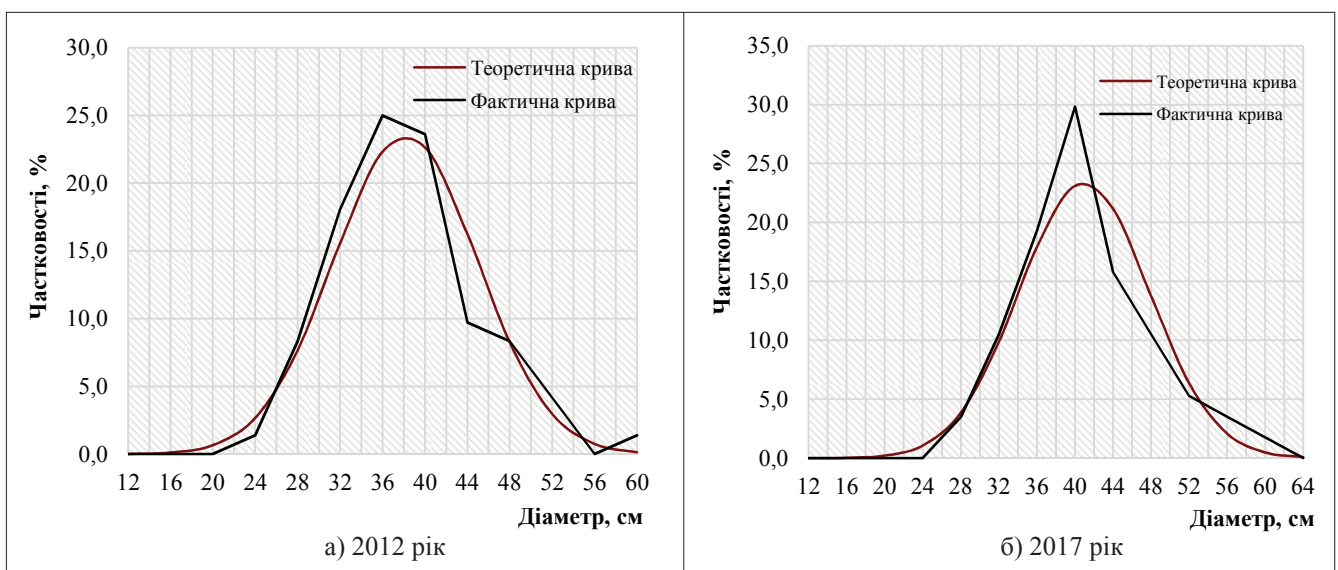


Рис. 8. Характеристика розподілів кількості дерев за ступенями товщини в деревостані вологої грабової бучини

Fig. 8. Characteristics of the distributions of the number of trees by diameter class in the hornbeam-beech stand of the moist fertile beech forest type

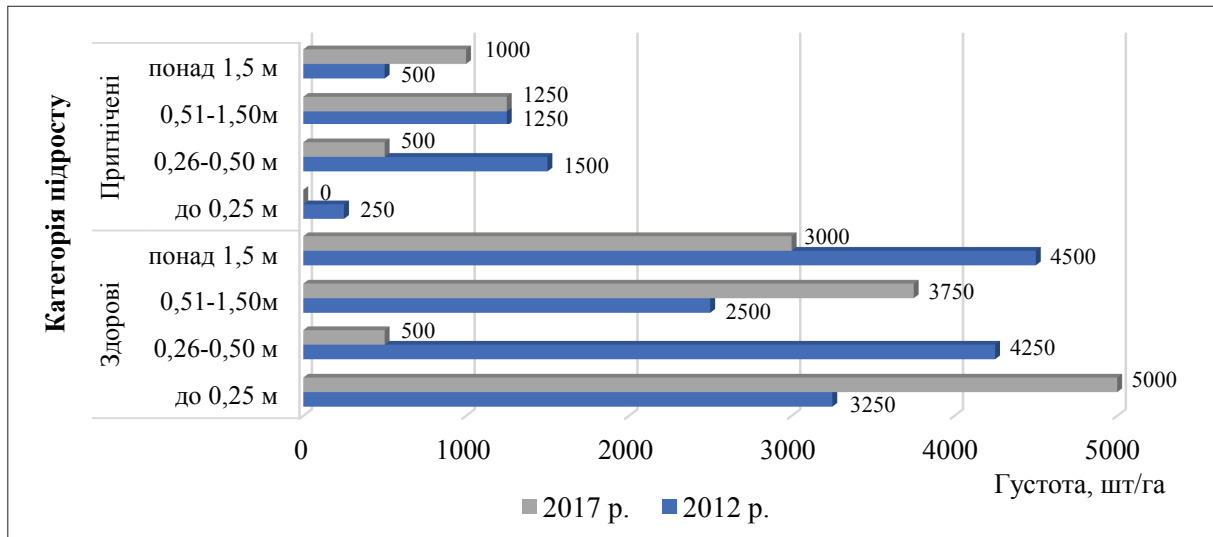


Рис. 9. Зміна кількості екземплярів підросу бука лісового за категоріями в типі лісу волога грабово-ялицева субучина

Fig. 9. Changes in the number of European beech young growth trees by categories in the hornbeam-fir-beech stand of the moist fairly fertile beech forest type

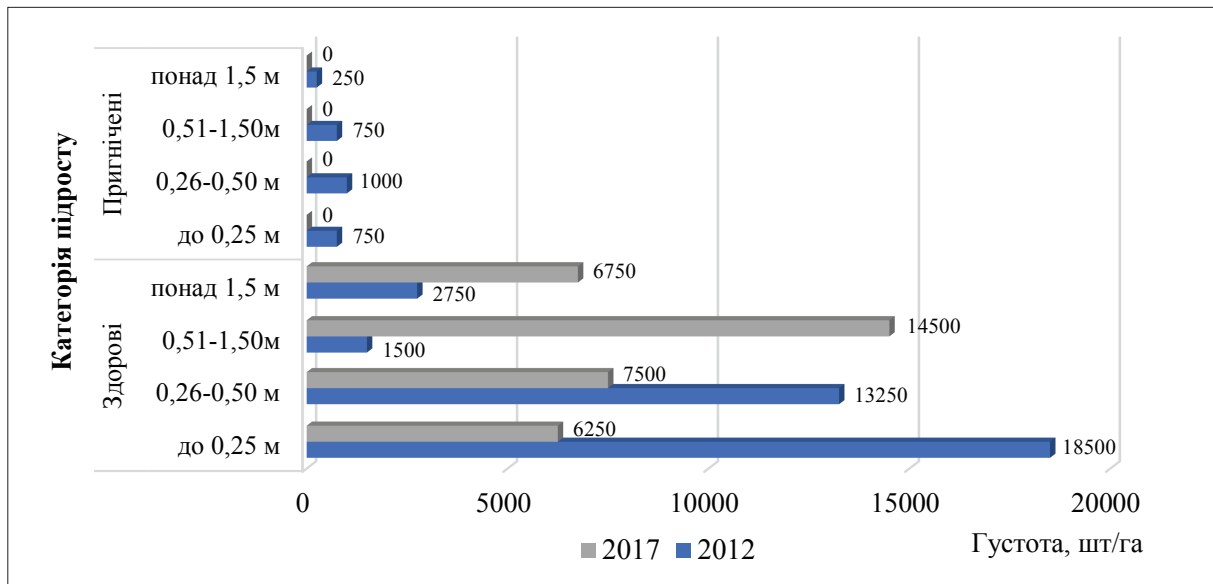


Рис. 10. Зміна кількості екземплярів підросу бука лісового за категоріями в типі лісу волога грабова бучина

Fig. 10. Changes in the number of European beech young growth trees by categories in the hornbeam-beech stand of the moist fertile beech forest type

Після виконання прохідної рубки у буковому деревостані вологої грабово-ялицевої субучини серед категорії здорових екземплярів внаслідок більшого доступу світла під намет материнського насадження впродовж п'яти років найістотніше відбулося збільшення кількості підросу заввишки до 0,25 м – з 3250 до 5000 шт. на 1 га та заввишки 0,51-1,50 м – з 2500 до 3750 шт. на 1 га. Здорових екземплярів бука лісового стало менше у 8,5 рази – з 4250 до 500 шт./га у діапазоні висоти 0,26-0,50 м, та у 1,5 рази – висотою понад 1,5 м.

У зміні кількості пригнічених екземплярів виявлено таку тенденцію: підріст заввишки до 0,25 м через п'ять років виявився практично відсутнім на

ділянці, оскільки, отримавши доступ до більшої кількості світла, перейшов до категорії здорових у вищому діапазоні висоти. Кількість пригнічених екземплярів бука заввишки 0,26-0,50 м зменшилася у три рази – з 1500 до 500 шт./га.; кількість підросу заввишки 0,51-150 м залишилася незмінною; кількість підросу заввишки понад 1,5 м зменшилася вдвічі – з 1000 до 500 шт./га.

Тому, внаслідок проведення прохідної рубки загальною тенденцією можна вважати перехід пригнічених екземплярів у категорію здорових та збільшення кількості самосіву заввишки до 0,25 м. Найуразливішою виявилася категорія здорового підросу заввишки 0,26-0,50 м, оскільки, на нашу

думку, за такий короткий період часу молоді букові сходи не встигли адаптуватися до змін, які відбулися після зріджування намету.

У буковому деревостані вологої грабової бучини після виконання групово-вибіркової рубки помічено дещо інші тенденції зміни кількості екземплярів підросту, а саме: зменшення кількості підросту заввишки до 0,25 м у три рази – з 18500 до 6250 шт. на 1 га та заввишки 0,26-0,50 м – майже у два рази, з 13250 до 7500 шт./га; збільшення кількості великомірних екземплярів підросту – майже в 10 разів з 1500 до 14500 шт./га для висот 0,51-1,50 м і в 2,5 рази – заввишки понад 1,5 м.

Таким чином, виконання прохідної рубки у високоповнотному буковому насадженні дає змогу збільшити кількість надійного підросту, сприяє

переходу окремих екземплярів з категорії пригнічених до здорових. Групово-вибіркова рубка забезпечує цьому ж підросту подальший розвиток шляхом поступового поліпшення доступу світла й тепла, що позитивно відображається на їхній адаптації до нових екологічних умов росту. За наслідками проведення прохідної рубки відзначено формування надійного підросту середньої густоти, а групово-вибіркової – густого підросту бука лісового, що достатньо для відтворення материнського деревостану.

Окрім бука лісового, на першій ділянці було присутнє поновлення й інших порід – граба звичайного, дуба північного, ялини європейської, ялиці білої. Їхня характеристика за категоріями стану наведена на рис. 11.

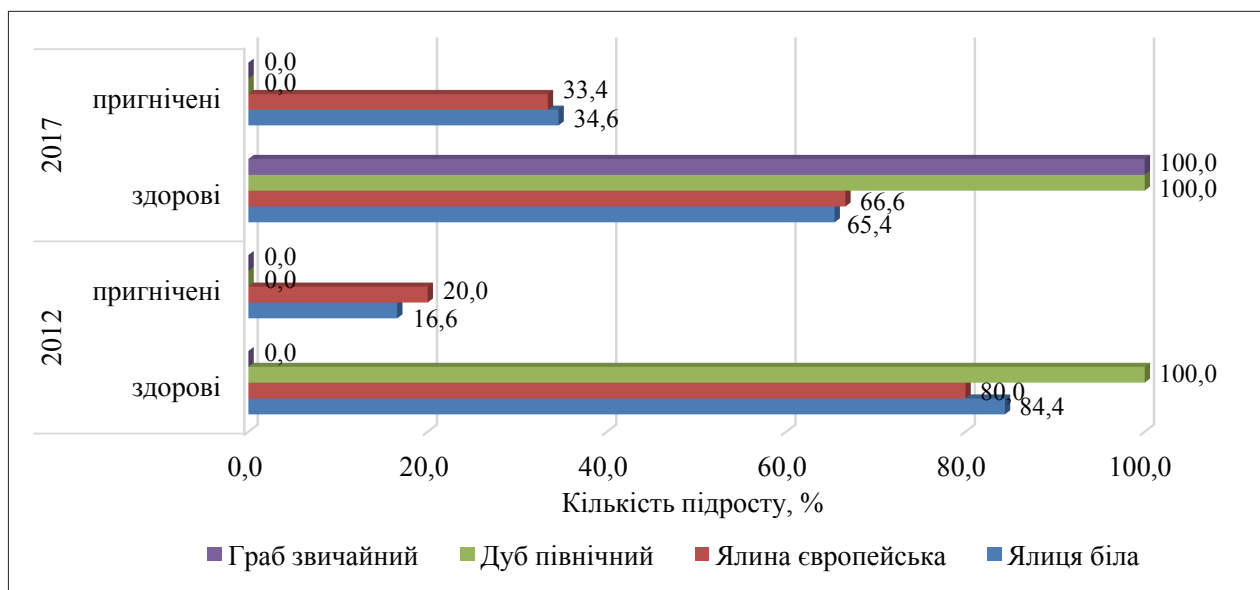


Рис. 11. Характеристика підросту різних порід за категоріями стану до і після проведення прохідної рубки в типі лісу волога грабово-ялицева суббучина

Fig. 11. Characteristics of the young growth of different species according to the categories of condition before and after main thinning in the hornbeam-fir-beech stand of the moist fairly fertile beech forest type

Отримані результати дають підставу стверджувати, що найбільш життєздатним виявився підріст дуба північного та граба звичайного, який з'явився одразу після проведення прохідного рубання. Усі екземпляри цих двох деревних видів характеризуються як повністю здорові. Для ялини та ялиці відзначено збільшення кількості пригнічених екземплярів впродовж п'яти років – відповідно з 20,0 до 33,4% і з 16,6 до 34,6%, що підтверджено їхнім повільним ростом та підвищеною тіншовитривалістю.

У деревостані вологої ялицевої бучини всі екземпляри підросту бука лісового за п'ять років перейшли з категорії пригнічених до категорії здорових.

Дискусія (Discussion). За результатами виконаних досліджень виявлено позитивну динаміку кількості життєздатних екземплярів бука лісового, яка залежить від низки чинників. За даними окремих дослідників, успішність природного поновлення на

східній межі ареалу пов'язана, насамперед, з екологією бука лісового та густотою трав'яного вкриття, зімкнутістю материнського намету, несприятливим режимом освітлення (Бачинська, 2009). В Українських Карпатах природне поновлення найкраще формується у «вікнах» та прогалинах і характеризується переважанням екземплярів заввишки до 0,5 м (Лавний та ін., 2021). В умовах Прикарпаття природне поновлення найкраще відбувається у вологих бучинах і залежить від способу рубки, віку зрубу та зміни чинників навколишнього середовища (Рошнівський та ін., 2013). Отримані нами дані не суперечать існуючим закономірностям динаміки природного поновлення за результатами проведення господарських заходів. Поряд з цим, варто відзначити обмежену кількість публікацій, які базуються на тривалому спостереженні за ростом і розвитком підросту. На наш погляд, такі дослідження є перспективними з погляду виявлення особливостей

змін у деревостанах до і після рубки, відстеженні змін у віковій структурі підросту та динаміці його густоти.

Висновки (Conclusions). Виконання прохідної рубки у високоповнотному та високобонітетному буковому насадженні за рахунок ослаблених та дуже ослаблених дерев дає змогу покращити таксаційну характеристику лісостану, що залишається, отримати кращий за санітарним і товарним станом деревостан, забезпечує кращі умови для появи сходів, сприяє інтенсифікації висотного приросту старшого за віком підросту та переходу значної кількості екземплярів з категорії пригнічених до категорії здорових. Окрім цього, після проведеної прохідної рубки відбувся перерозподіл кількості стовбурів за діаметром в бік більших значень, що забезпечило ближчий до нормального їхній розподіл відносно ступенів товщини.

За результатами проведення групово-вибіркової рубки за рахунок ослаблених та відмираючих дерев впродовж п'яти років відзначено зменшення кількості низькорослих екземплярів, натомість, кількість великомірних значно зростає.

На обох ділянках відзначено збільшення кількості дерев головної породи без явних ознак ослаблення та зростання частки стовбурів ділових дерев, що свідчить про лісівничу ефективність проведення прохідної та групово-вибіркової рубок.

Статистична оцінка розподілу кількості стовбурів дерев за діаметром до і після проведення рубок свідчить про те, що за показниками форми, асиметрією та ексцесом букові деревостани можна вважати близькими до нормальних.

У підсумку, проведення прохідної доглядової та групово-вибіркової рубок сприяє збільшенню кількості надійного підросту, переходу окремих екземплярів з категорії пригнічених до здорових, забезпечує подальший розвиток великомірних екземплярів підросту за рахунок збільшення доступу світла і тепла, що позитивно відображається на їхній адаптації до змінених екологічних умов. Отже, здійснення зазначених господарських заходів здатне забезпечити достатню кількість надійного підросту бука лісового для відтворення материнського деревостану.

Список літератури (References)

Бачинська, У.О. (2009). Відновлення лісостанів бука лісового (*Fagus sylvatica* L.) на східній межі природного ареалу. *Лісівництво і агролісомеліорація*, 115, 90-94. [Bachynska, U. (2009). Regeneration of European beech forest stands (*Fagus sylvatica* L.) on the eastern border of the natural range. *Forestry and Forest Melioration*, 115, 90-94] (in Ukrainian)

Гайчук, С.І. (2019). *Особливості таксаційної будови і розмірно-якісна структура перестійних букових деревостанів Українських Карпат*: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.03.02. Київ, НУБіП України [Gaichuk, S. I. (2019). *Features of Men-*

surational Structure and Dimensional-Qualitative Structure of Overmature Beech Forest Stands of the Ukrainian Carpathian Mountains (Doctoral dissertation abstract. National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine). Retrieved from http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis64r_81/cgiirbis_64.exe (in Ukrainian)

- Гамор, Ф. (2012). Європейський процес збереження букових лісів. *Зелені Карпати*, 1-2, 9-10. [Hamor, F. (2012). The European process of preserving beech forests. *Green Carpathians*, 1-2, 9-10] (in Ukrainian)
- Гербут, Ф.Ф., Бродович, Ю.Р. (2009). Комплексний підхід до лісовідновлення у гірському лісівництві. *Лісівництво і агролісомеліорація*, 116, 165-169 [Gerbut, F.F., & Brodovych, J.R. (2009). An integrated approach to reforestation in mountain Forestry. *Forestry and Forest Melioration*, 116, 165-169. Retrieved from <http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/16483/25-Herbut.pdf?sequence=1>] (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: Pyramid] (in Ukrainian)
- Гриник, Г.Г. (2012). Експозиційно-орографічні моделі оптимально-продуктивних місцеположень деревостанів бука лісового в Українських Карпатах. *Науковий вісник НЛТУ України*, 22(8), 8-13 [Grynyk, G.G. (2012). Exposition-orographic models of optimal-productive locations of forest beech stands in the Ukrainian Carpathians. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 22(8), 8-13. Retrieved from https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2012/22_8/8_Hry.pdf] (in Ukrainian)
- Гром, М.М. (2010). *Лісова таксація*. Львів: НЛТУ України [Grom, M.M. (2010). *Forest mensuration*. Lviv: Ukrainian National Forestry University] (in Ukrainian)
- Жук, А.В., Костишин, С.С., Федоряк, М.М. (2021). *Відновлення біогеоценозів зрубів Fagus sylvatica L. в умовах Північної Буковини*. Чернівці: Рута [Zhuk, A.V., Kostyshyn, S.S., & Fedoriak, M.M. (2021). *Restoration of biogeocenoses of Fagus sylvatica L. cutover areas in the conditions of Northern Bukovyna*. Chernivtsi: Ruta. Retrieved from <https://archer.chnu.edu.ua/xmlui/handle/123456789/4842>] (in Ukrainian)
- Задорожний, А.І. (2021). *Структура надземної фітомаси букових і ялинових деревостанів Полонинського хребта Українських Карпат*: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.03.02. Львів, НЛТУ України [Zadorozhnyy, A.I. (2021). *Structure of above-ground phytomass of beech and spruce forests stands of the Polonyn ridge of the Ukrainian Carpathians* (Doctoral dissertation abstract. Ukrainian National Forestry University, Lviv, Ukraine). Retrieved from <http://irbis-nbuv.gov.ua/aref/0421U101431>]. (in Ukrainian)
- Зиман, С.М. (2013). Огляд букових лісів у Європі. В кн. Ф.Д. Гамор (ред.) *Букові праліси та давні букові ліси Європи: проблеми збереження та ста-*

- лого використання (Рахів, 16-22 вересня 2013 р), 151-159. Ужгород, Україна: КП «Ужгородська міська друкарня» [Zyman, S.M. (2013). Overview of beech forests in Europe. In F.D. Gamor (Ed.), *Primeval beech forests and old-growth beech forests of Europe: problems of conservation and sustained use*, 151-159. Uzhgorod, Ukraine: KP "Uzhgorod City Printing House"] (in Ukrainian)
- Іжик, Г.В., Чернявський, М.В. (2013). Ксилотрофи букових пралісів Карпатського біосферного заповідника. В кн. Ф. Д. Гамор (ред.) *Букові праліси та давні букові ліси Європи: проблеми збереження та сталого використання* (Рахів, 16-22 вересня 2013 року), 160-166. Ужгород, Україна: КП «Ужгородська міська друкарня» [Izhuk, H.V., & Chernyavsky M.V. (2013). Xylotrophe of beech virgin forests of the Carpathians Biosphere Reserve. In F.D. Gamor (Ed.), *Primeval beech forests and old-growth beech forests of Europe: problems of conservation and sustained use*, 160-166. Uzhgorod, Ukraine: KP "Uzhgorod City Printing House"] (in Ukrainian)
- Ільків, І.С. (2004) *Морфолого-таксаційна структура букняків Бескидів*: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.03.02. Львів, УкрДЛТУ [Ilikiv, I.S. (2004) *Morphological and forest mensuration structure of the Beskydy beech stands* (Doctoral dissertation abstract. Ukrainian State Forestry University, Lviv, Ukraine)] (in Ukrainian)
- Каганяк, Ю.Й., Ільків, І.С., Гаврилюк, С.А. (2021). Багатомірна будова букових деревостанів північно-східного мегасхилу Українських Карпат: теоретичні аспекти і практичне значення. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 22, 130-140 [Kahaniak, Yu.I., Ilikiv, I.S., & Havryliuk, S.A. (2021). Multivariate beech stands structure in the north-east mega slope of the Ukrainian Carpathian: theoretical aspects and practical significance. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 22, 130-140. <https://doi.org/10.15421/412111>] (in Ukrainian)
- Криницький, Г.Т., Чернявський, М.В., Дербаль, Ю.Ю., Делеган, І.В., Миклуш, С.І., Парпан, В.І., ... Шпарик, Ю.С. (2014). *Наближене до природи та багатофункціональне ведення лісового господарства в Карпатському регіоні України та Словаччини*. Ужгород: Коло [Krynytskyi, G.T., Chernyavskyi, M.V., Derbal, Y.Yu., Delegan, I.V., Miklush, S.I., Parpan, V.I., ... Shparyk, Y.S. (2014). *Close to nature and multifunctional forest management in the Carpathian region of Ukraine and Slovakia*. Uzhgorod: Kolo] (in Ukrainian)
- Куриляк, В.М. (2007). *Динамічні тенденції формування букових лісів Прикарпаття*: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.03.03. Львів, НЛТУ України [Kuryliak, V. M. (2007). *Dynamic tendencies of beech forest formation in the Prykarpattia*. (Doctoral dissertation abstract. Ukrainian National Forestry University, Lviv, Ukraine. Retrieved from <http://referatu.net.ua/referats/7569/171557>] (in Ukrainian)
- Лавний, В.В., Мазепа, В.Г., Шишканинець, І.Ф., Заяць, М.В. (2021). Особливості природного поновлення у букових деревостанах Українських Карпат. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 22, 41-51 [Lavnyi, V.V., Mazepa, V.H., Shyshkanynets, I.F., & Zaiats, M.V. (2021). Peculiarities of natural regeneration in beech stands of the Ukrainian Carpathians. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 22, 41-51. <https://doi.org/10.15421/412103>] (in Ukrainian)
- Левченко, В.В., Рошнівський Б.В. (2010). Природне поновлення лісу під пологом букових насаджень Українських Карпат. *Науковий вісник НУБіП України*, 147, 56-66 [Levchenko, V.V., & Roshnivskyy, B.V. (2010). Natural regeneration of the forest under the canopy of beech plantations of the Ukrainian Carpathians. *Scientific Bulletin of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*, 147, 56-66] (in Ukrainian)
- Молотков, П.И., Мамонов, Н.И., Гниденко, В.И., Молоткова, И.И. (1971). *Естественное возобновление лесов*. Ужгород: Карпаты [Molotkov, P.I., Mamonov, N.I., Gnidenko V.I., & Molotkova, I.I. (1971). *Natural regeneration of Forests*. Uzhhorod: Carpathians] (in Russian)
- Молотков, П.И. (1972). *Буковые леса Украинских Карпат*. Москва: Лесная промышленность [Molotkov, P.I. (1980). *Beech forests of the Ukrainian Carpathians*. Moscow: Timber industry] (in Russian)
- Остапенко, Б.Ф., Герушинский, З.Ю. (1975). Типологический анализ лесов. *Экология*, 3, 36-41. [Ostapenko, B.F., & Herushynskiy, Z.Iu. (1975). Typological analysis of forests. *Ecology*, 3, 36-41] (in Russian)
- Пастернак, П.С., Чубатый, О.В. (1961). *Типы горных лесов*. Ужгород: Карпаты [Pasternak, P.S., & Chubaty, O.V. (1961). *Types of mountain forests*. Uzhhorod: Carpaty] (in Russian)
- Рошнівський, Б.В., Бондар, А.О., Левченко, В.В. (2013). Природне поновлення бука лісового на зрубках вологих бучин Прикарпаття. *Науковий вісник НУБіП України*, 187(2), 84-89. [Roshnivskyy, B.V., Bondar, A.O., & Levchenko, V.V. (2013). Natural regeneration of European beech on the cutover areas of moist fertile beech forest type of the Prykarpattia. *Scientific Bulletin of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*, 187(2), 84-89. Retrieved from http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau_lis_2013_187_2_14] (in Ukrainian)
- Сабан, Я.А. (1982). *Экология горных лесов*. Москва: Лесная промышленность [Saban, Ya.A. (1982). *Ecology of mountain forests*. Moscow: Forest Industry] (in Russian)
- Слюсарчук, В.В. (2020). *Особливості росту та енергетичний потенціал букових деревостанів Буковинського Передкарпаття*: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.03.02. Київ, НУБіП України [Slyusarchuk, V.V. (2020). *Peculiarities of Growth and Energy Potential of Beech Stands of the Bukovyna Pre-Carpathians* (Doctoral dissertation abstract. National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine). Retrieved from <http://irbis-nbuv.gov.ua/aref/0420U102150>] (in Ukrainian)

- Стойко, С.М. (1977). *Карпатам зеленити вічно*. Ужгород: Карпати [Stoiko, S.M. (1977). *The Carpathians are green forever*. Uzhhorod: Carpathians] (in Ukrainian)
- Тышкевич, Г.Л., Генсирук, С.А. (1954). Естественное возобновление бука в горных условиях Карпат. *Научные труды ЛЛТИ, 1*, 121-134 [Tyshkevych, G.L., & Gensiruk, S.A. (1954). Natural renewal of beech in the mountainous conditions of the Carpathians. *Scientific works of Lviv Forestry Institute, 1*, 121-134] (in Russian)
- Цурик, Е.И. (1980). Структура и возобновление девственных буковых древостоев Карпат. *Лесоведение, 5*, 75-84. [Tsuruk, E.I. (1980). Structure and renewal of virgin beech stands of the Carpathians. *Forestry, 5*, 75-84] (in Russian)
- Цурик, С.І. (2000). *Перелікова таксація лісу*. Львів: УкрДЛТУ [Tsuruk, E.I. (2000). Listed taxation of the forest. Tutorial. Lviv: Ukrainian State Forestry University] (in Ukrainian)
- Швиденко, А.Й., Остапенко, Б.Ф. (2001). *Лісознавство*. Чернівці: Зелена Буковина [Shvydenko, A.I., & Ostapenko, B.F. (2001). *Forestry*. Chernivtsi: Zelena Bukovyna] (in Ukrainian)
- Швиденко, А.З., Савич, Ю.Н., Строчинский, 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., Strochinsky, A.A., Polyakov, V.K., & Kanunnikov, N.E. (1987). *Normative and reference materials for inventory of forests in Ukraine and Moldova*. Kyiv: Harvest] (in Russian)
- Шишканинець, І.Ф., Мазепа, В.Г., Тереля І.П. (2014). Природне поновлення букових лісостанів Стрийсько-Міжгірської Верховини. *Матеріали 64-ої наук.-техн. конф-ї професорсько-викладацького складу, наукових працівників, докторантів та аспірантів за підсумками наукової діяльності у 2013 р. (Львів, 23 жовтня 2014 року), 144-146*. Львів, Україна: Національний лісотехнічний ун-т України [Shushkanynets, I.F., Mazepa, V.G., & Terelia, I.P. (2014). Natural regeneration of beech forests of Stryj-Mizhhirya Verkhovyna. In *Scientific of the 64th scientific and technical conference of faculty researchers, doctoral students and graduate students on the results of scientific activity in 2013* (Lviv, October 23, 2014), 144-146. Lviv, Ukraine: Ukrainian National Forestry University] (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 [Shparuk, Yu. S., Krynytskyi, H. T., & Debryniuk, Iu. M. (2020). Trends in the dynamics of types of forest vegetation conditions and species composition of stands in the Ukrainian Carpathians in connection with climate change. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, 20*, 82-92. <https://doi.org/10.15421/412008>] (in Ukrainian)
- Barna, M., & Bosela, M. (2015). Tree species diversity change in natural regeneration of a beech forest under different management. *Forest Ecology and Management, 342*, 93-102. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.01.017>
- Barna, M. (2011). Natural regeneration of *Fagus sylvatica* L.: a Review. *Austrian Journal of Forest Science, 128*, 71-92. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/236347334_Nat
- Barna, M. (2015). Productivity and functioning of the beech ecosystem: Ecological Experimental Station – Kremnické vrchy Mts. (Western Carpathians). *Forestry Journal, 61*(4), 252-261 Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/295813213_Productivity_and_functioning_of_the_beech_ecosystem_Ecological_Experimental_Station_-_Kremnicke_vrchy_Mts_Western_Carpathians
- Frățilă, E.-C. (2003). Structural characteristics of a virgin beech forests in south-western Romania. In F. Hamor, & B. Commarmot (Eds.), *Natural Forests in Temperate Zone of Europe – Values and Utilization*, 184. Mukachevo, Transcarpathia, Ukraine. Rakhiv, Carpathian Biosphere Reserve, Ukraine; Birmensdorf, Swiss Federal Research Institute WSL. Retrieved from file:///C:/Users/User/Downloads/10000-60000-80000-muckachevo03-abstracts.pdf
- Parviainen, J. (2003). Virgin and natural forests in the temperate zone of Europe. In F. Hamor, & B. Commarmot (Eds.), *Natural Forests in Temperate Zone of Europe – Values and Utilization*, 28-29. Mukachevo, Transcarpathia, Ukraine. Rakhiv, Carpathian Biosphere Reserve, Ukraine; Birmensdorf, Swiss Federal Research Institute WSL. Retrieved from file:///C:/Users/User/Downloads/10000-60000-80000-muckachevo03-abstracts.pdf
- Shparyk, Y., Buergi, A., Commarmot, B. & Sukharyuk, D.D. (2008). Changes in the natural regeneration of a virgin beech forest. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University, 18*(2), 45-51. Retrieved from http://nltu.edu.ua/nv/Archive/2008/18_2/18_2_Szparuk_45.pdf

Dynamics of natural regeneration of European beech based on the results of group-selection felling of the main use

P. Plikhtiak¹, P. Khomiuk²

The article presents the results of studies on the effectiveness of tending felling (late thinning) conducted on the site occupied by a 75-year-old beech

¹ Petro Plikhtiak – Forestry, state Enterprise “Kuty Forestry”, 1 Sichovye Streltsiv st., smt Yabluniv, 78621, Kosiv district, Ivano-Frankivsk region, Ukraine. Tel.: +38-03478-3-66-44. E-mail: kdhlis@ukr.net

² Petro Khomiuk – PhD in Agricultural Sciences, associate professor at the Forest Inventory and Forest Management Department. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynyk st., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: 032-239-27-46, +38-067-670-50-17. E-mail: khompetro@nltu.edu.ua ORCID: 0000-0003-4409-9180

stand, characterized by high relative density and site class I^a, the type of the stand being a hornbeam-fir-beech stand of the moist fairly fertile beech forest type. According to the existing methods, the forest inventory characteristics of the beech stand before and after conducting the tending felling were identified, and the changes that occurred as a result of the application of this silvicultural treatment regarding the sanitary condition of the tree trunks and merchantability categories are characterized. Descriptive statistics indicators have been established to characterize the experimental data; also, the conformity of the diameter variation series to the normal law of distribution was assessed. The study of the effectiveness of group-selection felling of low intensity was carried out on the site which is occupied by a 122-year-old beech stand, formed in the hornbeam-beech moist fertile forest type and which is characterized by low relative density and site class I.

To demonstrate the silvicultural effect of the felling on further development of beech young growth, a comparison of the values of the forest inventory indicators of the beech stand before and after the selection felling was carried out, the sanitary condition of those trees that were cut down and those that remained after the felling was described. According to the results of late thinning and group-selection felling in beech stands of different ages, a positive silvicultural effect from the implementation of these forestry treatments was revealed, which consisted in increasing the number of specimens of reliable young growth and its diameter increment. It was found out that one of the probable causes of the manifestation of such an effect was cutting down trees that belonged to the categories of weakened and very weakened ones in the area where thinning treatment was conducted and the weakened and dying-off trees in the area with group-selection felling, which created more favorable environmental

conditions for further growth and development of the young growth of European beech.

An assessment of the reliability of the natural regeneration of European beech and other woody species before and after the corresponding felling was carried out on two sites, as well as changes in height groups, categories of sanitary condition were characterized, and the dynamics of the young growth density over five years was monitored. It was experimentally proven that in the first five years, the most healthy specimens appear up to 0.25 m high in the area of late thinning, and beech young growth with a height of 0.26-0.50 m turned out to be the most vulnerable to the new environmental conditions. In the area of group-selection felling after the first five years, there was a decrease in the number of young growth up to 0.25 m and 0.26-0.50 m high and an increase in the number of large-sized young growth with a height of more than 1.5 m.

Based on the results of experimental studies, it was found that, if scientifically based approaches to the implementation of forestry activities such as thinning and group-selection felling of the main use are followed, it is possible to achieve an increase in the number of reliable young growth of European beech and ensure the transition of specimens from the category of suppressed trees to healthy ones, and additionally after the use of group-selection felling – to ensure further successful growth and development of the young growth of European beech and accelerate its adaptation to changed environmental conditions.

It is proved that an increase in the number of specimens of young growth after late thinning occurs mainly due to specimens up to 0.25 m high, and after conducting group-selection felling – due to specimens over 1.5 m high.

Key words: forest site type; forest type; forest inventory indicators; dynamics of young growth; thinning, group-selection felling; tree number distribution.

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



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

<http://fasu.nltu.edu.ua>
<https://doi.org/10.15421/412209>
Article received 2022.08.12
Article accepted 2022.12.29

ISSN 1991-606X print
ISSN 2616-5015 online
@ ✉ Correspondence author
Iurii Debryniuk
debryniuk_ju@ukr.net

103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine

УДК 630*228.7 : 632.937.31

Доцільність впровадження у лісові насадження України інтродукованих деревних видів

Ю. М. Дебринюк¹, В. В. Лавний², С. І. Миклуш³, Т. М. Чіхрак⁴

Інтродуковані деревні види широко розповсюджені у лісових насадженнях Східної і Західної Європи, в т.ч. і в Україні. Переважна більшість інтродуцентів є високопродуктивними і біотично стійкими, однак деякі з них можуть проявляти ознаки інвазійності. Тому потрібно брати до уваги, що інвазійні види є одним із п'яти ключових чинників, які руйнують природні екосистеми. Непродумане їх впровадження може призвести до витіснення аборигенних видів, деградації природних екосистем та їх поступового зникнення. Поряд з цим, якщо в умовах кліматичних змін місцеві деревні види втрачають стійкість і продуктивність, необхідно здійснювати пошуки для їхньої рівноцінної (або кращої) заміни з урахуванням потенційних ризиків і небезпек.

Зважаючи на біоекологічні особливості та досвід використання в Європі високопродуктивних інтродукованих деревних видів (модрин Кемпфера та ширококолускатої, псевдотсуґи Мензіса, ялиці великої та ін.), вони можуть забезпечити високу продуктивність та екологічну стійкість українських лісів в умовах кліматичних змін. Ці інтродуценти можуть стати основними об'єктами для промислового вирощування деревини в умовах зміни клімату. Жоден з них не є інвазійним, оскільки дуже складно поновлюються природним шляхом, не розмножуються вегетативно і природно не заселяють нові території. Поширення цих та деяких інших інтродукованих видів можна легко контролювати шляхом зрубів насаджень за їхньою участю, після чого формуються сприятливі умови для відновлення корінного типу деревостану (дубового, букового, соснового, ялино-

¹ 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: debryniuk_ju@ukr.net ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0994-349X>

² 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>

³ Миклуш Степан Іванович – академік Лісівничої академії наук України, доктор сільськогосподарських наук, професор, директор ННІ лісового і садово-паркового господарства. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: 032-237-10-45, +38-067-791-36-77. E-mail: msi_s@ukr.net ORCID: 0000-0002-9762-1190

⁴ Чіхрак Тарас Миколайович – інженер лісового господарства, перший заступник директора – головний лісничий ДП «Рава-Руське ЛГ», вул. Володимира Великого, 99, м. Рава-Руська Львівської обл., 80316, Україна. Тел.: +38-067-970-74-20. E-mail: rawalishosp@ukr.net

вого тощо). Запровадження плантаційного лісовирощування на принципах породозміни за участю швидкорослих інтродукованих видів забезпечить отримання значних обсягів деревини за відносно короткі терміни, тобто сприятиме інтенсифікації лісгосподарського виробництва.

У жодному з документів – «Рамковій конвенції про охорону та сталий розвиток Карпат», «Державній стратегії управління лісами України до 2035 року», «FSC національному стандарті системи ведення лісового господарства для України» та ін. не існує прямої заборони на використання інтродуцентів у лісових насадженнях. Повної заборони не існує навіть для культивування інвазійних видів, якщо їхній вплив на природні екосистеми можна контролювати та запровадити дієві заходи щодо пом'якшення їхнього негативного впливу.

Ключові слова: кліматичні зміни; модрина; псевдотсуга; ялиця; плантаційні насадження; інвазійні види; сертифікація лісів.

Постановка проблеми (Problem formulation).

У «Державній стратегії управління лісами України до 2035 року» вказано на основні проблеми у лісовому господарстві України, серед яких недостатня лісистість території держави, невисока екологічна стійкість лісів, недостатній їх ресурсний потенціал. Ці негативні аспекти посилюються кліматичними змінами.

Виходячи з цих проблем, «Державною стратегією...» передбачено основні цілі розвитку лісового господарства України: а) підвищення економічного потенціалу лісів, яке передбачає збільшення лісистості території країни не менше ніж до 18%; б) збільшення загального запасу лісів не менше ніж до 2,5 млрд м³; в) збільшення обсягу заготівлі деревини до науково обґрунтованого рівня невиснажливого використання лісових ресурсів; г) отримання деревини вищої якості. Про необхідність поліпшення якісного складу лісів, підвищення їхньої продуктивності та біотичної стійкості зазначено і в «Лісовому кодексі України» (1994).

Подібні завдання щодо розвитку лісового господарства ставляться і на регіональному рівні. Так, в «Обласній цільовій Програмі розвитку лісового господарства Львівської області на 2022-2026 роки» зазначено основні пріоритети – запровадження ефективного лісокультурного виробництва, зростання економічного потенціалу, продуктивності і стійкості лісів, забезпечення їхньої адаптації до зміни клімату, послаблення деградаційних процесів у лісостанах.

Зазначені проблеми та поставлені завдання розвитку лісового господарства на державному і регіональному рівнях є досить складними для виконання, оскільки потребують нових підходів, нових кроків, запровадження дієвих реформ у лісовому господарюванні. Серед зазначених проблем найскладнішою з них є негативний вплив кліматичних змін на лісостани, усунути який людина практично не може, але наслідки яких повинна враховувати обов'язково.

Глобальна зміна клімату – одна із найгостріших екологічних проблем, яка постала перед людством. Згідно з прогнозами провідних міжнародних наукових центрів з дослідження клімату, впродовж XXI ст. середня температура повітря підвищиться на 2-5°C (Jandl, Spathelf, Bolte, Prescott, 2019; Albrich, Rammer, Seidl, 2020). Такі темпи гло-

бального потепління можуть спричинити серйозні кліматичні зміни, внаслідок чого низка екосистем може опинитися під загрозою зникнення.

За прогностичними сценаріями вітчизняних і зарубіжних учених, в період до 2030 р. очікується погіршення умов росту для лісів Східної Європи (Shvidenko, 2009). Кліматичні зміни можуть спричинити різні негативні процеси, серед яких різка зміна меж ареалів деревних видів внаслідок зміни меж природних зон; зникнення окремих продуктивних деревних видів з вузькою екологічною амплітудою або різке скорочення їхнього природного ареалу; зміни в стабільності та життєздатності лісових екосистем; посилення дії на лісостани різних негативних біотичних та абіотичних чинників – комах, хвороб, пожеж; зміни в балансі поживних речовин; зміни у біорізноманітті, в екологічних і соціальних функціях лісів; зміни в циклі репродуктивності деревних видів, динаміці сукцесій тощо.

За результатами Оцінки екосистем тисячоліття (Millennium ecosystem assessment – MEA), основні причини деградації екосистем та зниження рівня біорізноманіття полягають у такому: зміни клімату; зміни у природних умовах існування видів; забруднення довкілля хімічними речовинами; надмірна експлуатація природних ресурсів; розвиток інвазійних видів.

Отже, розвиток інвазійних видів виділяють як одну із основних причин деградації природних екосистем. У завданні 6 Конференції ООН з біорізноманіття (Kunming-Montreal Global Biodiversity Framework: 23 targets, 2022) прямо вказано на необхідність усунення, мінімізації, зменшення або пом'якшення впливу інвазійних чужорідних видів на біорізноманіття. При цьому необхідно управляти шляхами інтродукції чужорідних видів, здійснювати контроль за їхнім поширенням, знизити темпи інтродукції потенційних інвазійних видів хоча б на 50% до 2030 року.

Зміна клімату на європейському континенті супроводжується гострим стресом у деревних рослин, насамперед, через посуху, яка може суттєво знизити інтенсивність росту і життєвий стан як окремих лісових деревних видів, так і цілих лісових масивів. На сьогодні відзначено прогресуюче всихання ялинових, соснових та ясеневих лісостанів (Кобів, 2009; Дебринюк, 2010; Дідух, Чорней, Буджак, 2016; Шпарик, Криницький,

Дебринюк, 2020; Кульбанська, 2021 та ін.). Ці лісостани за участю аборигенних видів є важливим елементом лісосировинної бази і зниження їхньої біотичної стійкості ставить під загрозу безперерйне забезпечення промислових потреб деревною сировиною, а також руйнує засади стабільного функціонування самого лісогосподарського виробництва. Ситуація ускладнюється негативними кліматичними прогнозами щодо подальшого підвищення середньорічної температури повітря та зменшення кількості опадів. Найважче до змін клімату адаптуються саме лісові екосистеми (Стойко, 2003). Тому цей аспект вже на сьогодні є причиною зниження продуктивності та біотичної стійкості лісів України, поширення хвороб і шкідників, помітного скорочення ареалу окремих деревних видів (Shvidenko, Buksha, Krakovska, & Lakyda, 2017).

Основна проблема полягає в тому, що без з'ясування шляхів зменшення негативного впливу кліматичних змін на лісові насадження є **неможливим виконання основних завдань і цілей розвитку лісового господарства держави**, визначених «Державною стратегією управління лісами України до 2035 року».

Окрім зазначеного вище, «Державною стратегією...» передбачено також необхідність розроблення заходів з адаптації лісів до зміни клімату і підвищення їхньої стійкості шляхом використання природного поновлення; збереження та відтворення генетичного різноманіття; *запобігання розповсюдженню інтродукованих деревних видів, здатних до інвазій, і боротьби з ними*.

Поряд з цим, наголошено на необхідності розроблення заходів щодо контролю за розповсюдженням інтродукованих деревних видів, здатних до інвазій, шляхом обмеженого їх використання під час лісовідновлення та лісорозведення; запровадження моніторингу за такими деревними видами, а також рекомендовано **обмежити використання неінвазійних інтродукованих видів** під час проведення робіт з лісовідновлення та лісорозведення.

Рекомендація щодо обмеженого використання деревних видів, здатних до інвазій, не викликає заперечень. Запровадження моніторингу за інвазійними видами може попередити їхнє неконтрольоване розповсюдження та негативний вплив на природні екосистеми. Поряд з цим, «Державною стратегією...» все ж передбачено *використання неінвазійних інтродукованих видів* (хоча й обмежено), що не викликає жодних сумнівів. Після низки посушливих років цікавість до альтернативних деревних видів з боку практиків-лісівників лише зростає.

Низка дослідників (Дебринюк, 2007; Фучило, 2011; Яцик, 2018) вже тривалий час пропонують впроваджувати у лісостани інтродуковані високопродуктивні та біотично стійкі деревні види, що можна реалізувати як шляхом створення плантаційних насаджень (деревинних плантацій, плантаційних культур) з коротким оборотом рубки, так і шляхом обмеженого введення інтродуцентів до складу лісових насаджень. Розроблено відповідні техно-

логічні схеми створення, вирощування та експлуатації таких насаджень. Основна мета – отримання значних обсягів цінної деревини за відносно короткі терміни, що дасть змогу забезпечити промислові потреби держави у деревній сировині.¹

Проте пропозиція щодо введення у лісові насадження (насамперед – в плантаційні) навіть *достатньо випробуваних перспективних інтродукованих видів* майже повсюдно зустрічає певний спротив – як з боку різних громадських та наукових організацій, так і з боку фахівців лісогосподарських підприємств. Основна причина – посилення на положення «Рамкової конвенції про охорону та сталий розвиток Карпат» і «FSC національного стандарту системи ведення лісового господарства для України», якими нібито передбачено заборону на введення інтродукованих деревних видів у лісові насадження України внаслідок їхньої інвазійності.

Мета роботи – обґрунтувати доцільність і необхідність використання інтродукованих видів у лісових насадженнях як основних об'єктів для промислового вирощування деревини в умовах зміни клімату з урахуванням потенційних ризиків і небезпек.

Об'єктом досліджень були стійкість, продуктивність і здатність до природного поширення інтродукованих деревних видів, що ростуть у лісових насадженнях. *Предмет досліджень* – можливість обмеженого впровадження інтродуцентів у лісові насадження з урахуванням кліматичних змін, вимог і положень документів щодо ведення лісового господарства в Україні.

Методичні підходи (Methodological approaches).

Оскільки йдеться про культивування у лісових насадженнях завезених з інших континентів деревних видів та їхній негативний вплив на місцеві природні екосистеми, беремо до уваги, що поряд з *аборигенними* (місцевими чи автохтонними) *видами*, які історично та еволюційно сформувалися в межах конкретної території, у лісових насадженнях на цей час ростуть також *інтродуковані* (чужорідні, адвентивні чи алохтонні) *види*, які перебувають тут за межами своїх природних ареалів.

Окремі інтродуковані деревні види можуть настільки добре адаптуватися до умов поза межами їх природного поширення, що починають активно розмножуватися, захоплювати нові території та витісняти аборигенні види. У такому випадку їх вважають *інвазійними* (інвазивними), розвиток яких загрожує біологічному різноманіттю природної (нативної) екосистеми. Типова первісна причина поширення інвазійних видів – задумана або ненавмисна інтродукція організмів за межі місць їхнього природного проживання.

Під час обґрунтування концептуальних положень цієї роботи користувалися положеннями «Лі-

¹ У «Державній стратегії...» зовсім не згадано про такий важливий напрям господарювання, як пришвидшене продукування деревини у плантаційних насадженнях, хоча на сьогодні плантаційне лісовирощування не має альтернативи і представляє собою неминучий етап переходу від екстенсивної до інтенсивної форми господарювання.

сового кодексу України» (1994), «Рамкової конвенції про охорону та сталий розвиток Карпат» (2004), «Державної стратегії управління лісами України до 2035 року» (2021) та «FSC національного стандарту системи ведення лісового господарства для України» (2020).

У нинішніх умовах потребують перегляду, насамперед, застарілі підходи щодо ефективного ведення лісового господарства, які: а) не забезпечують належної адаптації лісів до зміни клімату; б) невірно трактують положення FSC щодо використання інтродукованих видів; в) не визначають реальних шляхів підвищення продуктивності лісових насаджень та пришвидшеного продукування деревини у сьогоdnішніх реаліях.

Розгляд проблеми (Consideration of the problem). Основною метою розроблення положень «Державної стратегії...» є забезпечення можливості лісового господарства швидко та ефективно реагувати на виклики, які виникають, а також ефективне управління лісами на основі забезпечення сталого лісового господарства, збереження біорізноманіття в лісах, адаптованого до кліматичних змін лісового господарства. Отже, акцентовано увагу на кліматичних змінах, які можуть суттєво вплинути на ведення лісового господарства.

У низці робіт (Cannone, Sgrobat, S., & Guglielmin, 2007; Кобів, 2009; Дебринюк, 2010; Миклуш, 2011; Janda et al., 2014; Дідух, Чорней, Буджак, 2016; Shukla, et al., 2019; Дебринюк, Фучило, 2020; Шпарик, Криницький, Дебринюк, 2020; Лавний, 2021; Myklush, Y., Myklush S., Debryniuk, & Nayda, 2022) наведено основні причини деградації і всихання лісових насаджень аборигенних видів – ялини європейської, сосни звичайної, ясени звичайного та деяких інших деревних видів. Існує цілий комплекс таких причин – кліматичні зміни, використання малоперспективних екотипів, неврахування типів лісорослинних умов і типів лісу, помилки у технології вирощування тощо. Однак, ключову роль відіграють все-таки кліматичні зміни.

Унаслідок глобального потепління, проявлення періодичних посух, пониження рівня ґрунтових вод, пришвидшеного розвитку шкідників і хвороб лісу, появи нових патогенів, насадження із основних лісотвірних видів в Україні – зокрема, ялини європейської і сосни звичайної на значних площах уражаються хворобами та шкідниками і масово (або частково) всихають. Зрозуміло, що такі насадження повинні піддаватися санітарним рубкам.

Які ж заходи щодо лісовідновлення необхідно застосувати після зрубування уражених патогенами насаджень? Згідно рекомендацій «FSC національний стандарт...», підприємство повинно використати для лісовідновлення аборигенні види та місцеві генотипи (Критерій 10.2). Проте кожен фахівець-лісівник чітко розуміє, що створювати соснове чи ялинове насадження на місці того, яке було уражене кореневою губкою чи іншим патогеном, немає ніякого сенсу. Впродовж найближчих 15-20 років

молоді насадження будуть уражені тим же патогеном незалежно від того, чи створено насадження штучно, чи сформовано природним шляхом.

Запропоновано раціональний підхід для вирішення цієї проблеми – *застосування принципу породозміни з використанням інтродукованих видів* (Дебринюк, 2007). Серед них, найперспективнішими є модрина Кемпфера (японська), модрина гібридна, псевдотсуга Мензіса, ялиця велика. За нашими спостереженнями (Дебринюк, Фучило, 2020), а також за даними інших дослідників (Івченко, 2002; Придка, 2013; Šeho, Janßen, 2019) цей список можна помітно розширити, проте поки що зупинимось на перелічених вище видах.

Принцип породозміни полягає в тому, що на місці розладнаного хворобами і шкідниками насадження на відносно короткий період часу створюють плантаційне насадження з коротким оборотом рубки (40-60 років). Культивування впродовж кількох десятиліть стійкого швидкорослого інтродуцента на місці ураженого насадження того чи іншого аборигенного виду є перспективним заходом з погляду: а) зниження запасу патогенів у ґрунті; б) покращення фізико-хімічних властивостей ґрунту; в) отримання значних запасів деревини за відносно короткі терміни. Після зрубування плантаційного насадження відновлюють корінний тип деревостану з використанням аборигенних видів (Дебринюк, 2007).

Такий же підхід знаходимо і в «FSC національному стандарті...» (Критерій 10.1, Індикатор 10.1.2): Заходи з лісовідновлення виконують таким чином, щоб: 1) під час рубок головного користування та всіх інших суцільних рубках наявних плантацій чи інших насаджень штучного походження відновити лісовий покрив, який був до проведення рубки, або до природнішого стану з використанням екологічно добре адаптованих видів.

Під час сертифікації лісогосподарських підприємств представниками аудиторських компаній виникають сумніви щодо правомірності використання інтродукованих видів у лісових насадженнях того чи іншого підприємства. Увагу акцентують на тому, що інтродуценти є інвазійними видами, «засмічують» ліси, знижують продуктивність і стійкість аборигенних деревних видів, витісняють їх зі складу насадження, займають їхню екологічну нішу тощо. Іноді така позиція може стати причиною відмови видачі сертифікату, внаслідок чого підприємство може понести значні економічні збитки. Найчастіше йдеться про такі «інвазійні» інтродуценти, як різні види модрина та псевдотсугу Мензіса.

Наведене свідчить про нерозуміння положень «FSC національного стандарту...», про ігнорування його положень або неправильне трактування наведених у документі Критеріїв та Індикаторів. Спробуємо детально проаналізувати ці самі Критерії та Індикатори.

Так, за Критерієм 10.2 підприємство має використовувати для лісовідновлення види, екологічно добре адаптовані до умов ділянки та до цілей гос-

подарювання. Підприємство має використовувати для лісовідновлення аборигенні види та місцеві генотипи, *окрім випадків, коли є чітке й переконливе обґрунтування для використання інших [видів і генотипів]*. В Індикаторі 10.2.1 зазначено, що обрані для лісовідновлення види екологічно добре адаптовані до умов ділянки і є аборигенними видами місцевого походження, *якщо не надано чітке й переконливе обґрунтування використання не місцевих генотипів або не аборигенних видів*.

Як бачимо, чітко наголошено на тому аспекті, що використання не місцевих (інтродукованих) видів не відкидається взагалі, а повністю можливе за обґрунтування необхідності їх використання. Як вже зазначалось вище, така необхідність настає у випадку запровадження біотично стійких високопродуктивних інтродукованих деревних видів на місці розладнаних хворобами і шкідниками природних чи штучних насаджень за участю аборигенних порід.

За Критерієм 10.3, підприємство може використовувати чужорідні види лише тоді, коли знання та/або досвід вказують на те, що будь-які **інвазійні впливи цих видів можна контролювати та запроваджено дієві заходи з пом'якшення** [таких впливів]. Детальніше розшифрування цих положень відображено Індикаторами 10.3.1-10.3.4.

Отже, в усіх випадках йдеться про *інвазійні види*. Подібне формулювання знаходимо і в Лісовому кодексі: «...недопущення генетичного забруднення генофондів аборигенних порід та інвазій інтродукованих видів у природні екосистеми». У статті 4, п. 3 «Рамкової конвенції про охорону та сталий розвиток Карпат (2004) зазначено, що «Сторони проводять політику, спрямовану на запобігання ввезенню неаборигенних видів та поширення генетично модифікованих організмів, які становлять загрозу екосистемам, середовищам існування чи видам, а також на їхній контроль або знищення».

Такі ж аспекти відображено і в «Державній стратегії...». Зазначено, що для підвищення продуктивності лісів та нарощування їхнього екологічного і ресурсного потенціалу необхідно зменшити участь інтродукованих видів, здатних до інвазій, а також відмовитись від використання під час лісовідновлення інтродукованих інвазійних деревних видів.

Отже, йдеться про *адвентивні та інвазійні види*, які самовільно займають нові території, витісняючи аборигенні види і наносячи шкоду навколишньому середовищу. Як приклад, можна навести короткий перелік таких розповсюджених інвазійних деревних видів: клен ясенелистий (*Acer negundo* L.), айлант найвищий (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle), аморфа кушова (*Amorpha fruticosa* L.), птелея трилиста (*Ptelea trifoliata* L.), ехіноцистис шипуватий (*Echinocystis lobata* (Michx.) Torr. et Gray), рейнурія японська або далекодхідна гречка японська (*Reynoutria japonica*) тощо. Лише у лісових біотопах Закарпаття налічено 17 інвазійних видів (Шевера та ін., 2017). Ще ширший список інвазійних рослин для об'єктів природно-заповідного фонду,

куди внесено деревні, кушові і трав'янисті види, наводить Л. В. Зав'ялова (2017). Без сумніву, на території природно-заповідних об'єктів не можуть рости ні *Quercus rubra*, ні *Robinia pseudoacacia*, ні *Gleditsia triacanthos*, однак поза межами природно-заповідного фонду – в бідних і сухих лісорослинних умовах ці деревні види є не лише головними, але й продуктивними, біотично стійкими і такими, що продукують промислово цінну деревину, яка користується високим попитом.

Таким чином, ні у «Лісовому кодексі», ні в «Державній стратегії...», ні в «FSC національному стандарті...» не передбачена заборона використання інтродукованих деревних видів у випадку, якщо вони не є інвазійними і не представляють небезпеки для аборигенних видів. Навпаки – інтродуковані види можуть стати надійним засобом в адаптації лісів до змін клімату.

Дуже цікавим та обґрунтованим, щодо питання перспективності (чи не перспективності) культивування інтродукованих деревних видів у лісових насадженнях в умовах зміни клімату, є погляд європейських учених-лісівників. Для того, щоб відобразити цей підхід, варто звернутися до окремих положень документа «Деревні види для кліматичних лісів» (Šeho, Janßen, 2019). Так, Баварський державний інститут лісівництва, Баварський офіс лісової генетики, Мюнхенський технічний університет та Університет прикладних наук Вайєнштефана-Трісдорфа підготували згаданий позиційний документ, за яким деревні види поділено на чотири категорії. Під час зарахування деревних видів до тієї чи іншої категорії враховували: 1) результати інтеграції виду у природне лісове господарство; 2) інвазійний потенціал виду; 3) сприйнятливість до пошкоджень; 4) продуктивність; 5) поточний досвід вирощування. Таким чином встановлено чотири категорії придатності культивування для альтернативних (інтродукованих) деревних видів.

Згідно з положеннями згаданого вище документа, деревні види *категорії 1* є перспективними, випробуваними і придатними для культивування у лісостанах. Для цих видів існує багаторічний досвід вирощування, визначено оптимальні умови для їхнього культивування, відомі потенційні ризики вирощування у лісових масивах. До цієї категорії віднесено 15 деревних видів, серед яких сосна чорна, псевдотсуга Мензіса, ялиця велика (ф. прибережна), модрина Кемпфера, робінія звичайна, горіх чорний, дуб червоний.

Практично всі перелічені тут деревні види в Україні мають багато опонентів щодо доцільності культивування (в т.ч. серед науковців і виробників), які стараються зарахувати саме ці перспективні види до інвазійних і заборонити їхнє вирощування у лісових насадженнях, наносячи своїм некомпетентним підходом великі потенційні втрати для майбутнього лісового господарства.

Деревні види *категорії 2* рекомендовано культивувати з певними обмеженнями, насамперед, у формі практичних випробувань, хоча стійкість видів

до кліматичних змін вже підтверджена, але досвід їхнього вирощування у лісах Центральної Європи ще недостатній. До цієї категорії віднесено чотири деревні види, серед яких кедр атласький, кедр ліванський, ліщина деревоподібна.

Деревні види *категорії 3* рекомендовано для обмеженого вирощування під науковим наглядом, оскільки ще остаточно не з'ясовано ні їхній інвазійний вплив, ні їхню стійкість до зміни клімату, ні майбутні ризики під час вирощування у лісостанах. До цієї категорії віднесено 36 деревних видів, серед яких ялиця грецька, сосна жовта, ялиця Нордмана, кипарис, туя гігантська, ясен манний, платан східний, липа срібляста, ясен болотний, дуб угорський тощо.

Деревні види *категорії 4* не рекомендовано для культивування, вони є непридатними для вирощування у лісових насадженнях, оскільки отримані на сьогодні дані не дають змоги рекомендувати їх для вирощування у лісостанах. Список вміщає 16 деревних видів, серед яких сосна приморська, ялина сербська, ялина сітхінська, сосна китайська, ялина кавказька, клен ясенелистий, райське дерево, клен сріблястий, черемха пізня.

Вище нами звернуто увагу на деревні інтродуковані види, культивування яких в Україні викликає нерозуміння та своєрідний спротив під час сертифікації лісів. Часто подібну позицію займають і деякі громадські організації, не розібравшись по суті у цих питаннях. У зв'язку з цим, наводимо обґрунтування щодо доцільності та перспективності (а часом – і необхідності) використання низки інтродукованих видів у лісових насадженнях лісгосподарських підприємств.

Модрина Кемпфера або ж *тонколуската, японська* (*Larix kaempferi* Carr.; *Larix leptolepis* Gord; *Larix japonica* Carr.). Лісостани цього виду модрини вкривають приблизно 4700 км² о. Хоккайдо, будучи основною лісовою екосистемою на півночі Японії (Qu Laiye, 2016). Деревина модрини структурно класифікується в багатьох країнах як одна з-поміж інших хвойних видів з найвищою несучою здатністю (клас міцності С30) (Bartoli, Aira, & Lafuente, 2019), що є важливим аргументом для її широкого культивування. Водночас результати досліджень характеризують модрину Кемпфера як ґрунтополіпшувальний деревний вид (A-Ram, Jaehong, Minseok, & Sun-Wha, 2013).

Штучні насадження *Larix kaempferi* не знижують флористичного різноманіття, видовий склад якого поступово відновлюється під модринниками і навіть переважає за кількісним і видовим складом сусідні ділянки з корінною еталонною рослинністю (Kim et al., 2013). Під час порівняння відмінностей у різноманітності видів рослин між хвойними плантаціями *Larix kaempferi* та широколистяними вторинними лісами із *Quercus crispula* в Центральній Японії Т. Nagaike (2002) встановив, що багатство видів рослин на плантаціях було значно більшим, ніж у вторинних лісах.

У західному регіоні України цей деревний вид відзначається дуже високою інтенсивністю росту (I^d-I^e класи бонітету) та конкурентоздатністю в молодому віці. Найвищі запаси стовбурової деревини *Larix kaempferi* нагромаджує у чистих насадженнях, хоча її середня висота та діаметр тут помітно менші, ніж у мішаних деревостанах. Водночас, у разі встановлення в чистих культурах модрини густоти, близької до оптимальної, середні таксаційні показники хвойного виду наближаються до таких у мішаних насадженнях.

У лісовому фонді доцільно створювати чисті насадження модрини Кемпфера з рівномірним розміщенням садивних місць, постійним підтриманням високої змкнутості деревостану та віком рубки у 51-60 років. Створювати плантаційні насадження цього деревного виду доцільно в умовах дібров і судібров, бучин і субучин, яличин і сучяличин *на місці загиблих від інфекційних хвороб чи уражених шкідниками корінних деревостанів*.

Як об'єкт плантаційного лісовирощування, *Larix kaempferi* задовольняє низку важливих вимог: інтенсивний ріст та швидке нагромадження стовбурової деревини; проста технологія вирощування; позитивний вплив на ґрунт; відносно широка екологічна амплітуда, можливість успішного культивування в чистих насадженнях; цінна деревина; дуже висока стійкість проти шкідників і хвороб; широкий діапазон застосування деревини; можливість заготівлі ділової деревини на різних етапах формування насаджень.

Деревний вид не інвазійний, природне насінне поновлення трапляється дуже рідко, а вегетативне – відсутнє зовсім. У зв'язку з цим, модрина Кемпфера не може природним шляхом заселяти нові площі. Поширення деревного виду легко контролюється шляхом зрубання насаджень за його участю. Рекомендовано використовувати як швидкорослий вид у плантаційних насадженнях з коротким оборотом рубки на принципах породозміни.

Інший деревний вид – *модрина європейська* (*Larix decidua* Mill.) вважається одним із найшвидкоросліших видів помірної зони Євразії. Швидкий ріст є її біологічною особливістю, наслідком високої інтенсивності фотосинтезу і тривалого періоду росту впродовж вегетаційного періоду. У Західному Лісостепу та в Карпатах модринові насадження в 60 років досягають запасу 720-880, а в 100-річному віці – 920-1110 м³·га⁻¹. Поточний приріст модринових деревостанів може сягати 15-18 м³·га⁻¹ (Дебринюк, 2007; Яцик, 2018).

У модрини європейської виділяють різні географічні раси (можливо – підвиди), і ця класифікація до цих пір перебуває у стадії обговорення. Визнано три основні раси європейської модрини: 1) модрина альпійська (*Larix decidua* var. *decidua*), яка росте в межах гірської системи Альп від 250 м (Австрія) до 2300 м н.р.м. (Західні Альпи); 2) модрина карпатська (*Larix decidua* var. *carpatica*) з трьома островними популяціями в Судетах, Татрах і південно-східних Карпатах – від 650 до 1900 м н.р.м.;

3) модрина польська (*Larix decidua* var. *polonica*) з острівними, часто ізольованими місцезонами, що знаходяться в центральній частині півдня Польщі – від 180 до 650 м н.р.м. (Jansen, & Geburek, 2016).

Професор А. Dengler [1980] виділяв чотири ізольовані ділянки природного ареалу модрини європейської: 1) Альпи; 2) Карпати; 3) Південно-Східна частина Судет; 4) горбиста місцевість півдня Польщі.

На відміну від модрини Кемпфера, модрина європейська є *аборигенним видом* в Україні. Так, в Українських Карпатах і Прикарпатті є окремі локалітети природних модринових насаджень, що дало підставу З.Ю. Герушинському (1996) виділити окремий тип лісу за участю модрини європейської – вологий модриново-кедрово-смерековий субір (*B₃-мд-кСм*).

Р.М. Яцик (2018) вважав *Larix decidua* аборигенним видом лише в межах південно-західного мегасхилу Українських Карпат, а культивувати модрину в цих умовах рекомендував до висоти 1100 м н.р.м. Результати обстеженого ним вітровалу у 90-річному мішаному насадженні модрини, бука, ялини та явора показали, що від вітру постраждало 40% дерев ялини, 25% дерев бука і лише 4% – дерев модрини. Потужний розвиток кореневої системи модрини європейської у 30-річному насадженні штучного походження підтверджено і нашими дослідженнями (Дебринюк, 2003).

У 1998 р. на території лісового фонду Ново-Петрівецького л-ва (Чернівецька обл.) нами було обстежено природне 160-річне насадження модрини європейської (206 шт./га; $d_c = 63,8$ см; $h_c = 43,9$ м; $M = 1316$ м³·га⁻¹; $V_{с.д.} = 6,42$ м³), що підтверджує аборигенний статус виду і на північно-східному мегасхилі Українських Карпат. У рівнинних, передгірських і гірських районах Львівщини у найсприятливіших для модрини європейської типах лісорослинних умов (D_2 , C_2) деревний вид до 30-40-річного віку відзначається дуже високими швидкістю росту, життєвим станом, продуктивністю та довговічністю, майже не пошкоджується шкідниками і хворобами (Дебринюк, 2007). Численні наукові дослідження показали, що у випадку штучного введення модрини у лісові насадження вона росте краще і довше за низку інших аборигенних видів, формуючи у молодому віці запаси деревини, яких інші лісоутворювачі досягають лише у стиглому віці. Модрину європейську краще культивувати в мішаних і складних насадженнях, які є стійкішими і продуктивнішими, ніж чисті. В них модрина формує верхній ярус, а другий ярус утворюють тіньовитривалі, в т.ч. і темнохвойні деревні види.

Модрина європейська є добрим компонентом дубових, букових, ялицевих лісостанів, де вона росте у першому ярусі. Деревний вид також можна культивувати і в плантаційних культурах, однак, на відміну від модрини Кемпфера, плантації повинні мати другий ярус із граба, липи, кленів, в'язів та інших порід.

Оскільки модрина європейська є аборигенним деревним видом, під час сертифікації лісів різні застереження і сумніви щодо доцільності її культивування у лісових насадженнях не мають жодних підстав. Поряд із цим, природне насінне поновлення виду трапляється рідко, а вегетативне – відсутнє зовсім. Тому модрина європейська природним шляхом нові площі заселяє дуже рідко. Практично завжди її вводять штучним шляхом. Рекомендовано використовувати як швидкорослий вид у мішаних плантаційних насадженнях на принципах породозміни, а також як компонент дубових, букових, соснових, смерекових та ялицевих лісостанів.

Модрина ширококолуската або ж **гібридна** (*Larix × eurolepis* Henry) є інтродукованим деревним видом, перспективним для використання у комерційному лісовому господарстві. Виникла під час схрещування *Larix leptolepis* та *Larix decidua*. Вперше спонтанно виниклий міжвидовий гібрид між цими деревними видами описали А. Henry, M. G. Flood (1919).

Гібридним видам модрини властивий комплекс цінних ознак, які не притаманні кожному материнському виду зокрема. Насамперед, це висока інтенсивність росту, раннє досягнення віку технічної стиглості, нагромадження значних запасів цінної деревини за відносно короткі терміни, висока біотична стійкість проти ураження хворобами та пошкодження шкідниками. Гібридні модрини значно довше вегетують порівняно з їхніми вихідними видами, що також надає їм значної переваги за багатьма господарськими і біологічними особливостями над іншими деревними породами.

Модрину ширококолускату, яка відзначається дуже високою продуктивністю (I^e-I^f класи бонітету), доцільно використовувати для створення плантаційних насаджень. Високоінтенсивний ріст *Larix × eurolepis* та відносно щільна крона її дерев дають можливість вирощувати плантаційні насадження чистими за складом. Проте, з огляду на високу вартість садивного матеріалу модрини та з метою уникнення ранніх розріджень насаджень деревного виду, для економії садивного матеріалу доцільно вводити в культури окремими рядами ялину європейську, яку впродовж найближчих 5-8 років вибирають на новорічні ялинки. Після цього культури модрини до віку головної рубки вирощують чистими.

Отже, модрині ширококолускатій властивий яскраво виражений гетерозис росту, високі продуктивність та життєвий стан, що дає підставу рекомендувати її для впровадження у плантаційні, а також і традиційні лісові культури Полісся, Лісостепу і Карпат. Потенціал швидкого росту модрини може бути реалізовано за умов відповідності її біоекологічних властивостей типам лісорослинних умов, оптимальної густоти насаджень у всіх вікових періодах, застосування раціональних схем змішування, своєчасного проведення агротехнічних і лісівничих доглядів.

Цей інтродукований вид, як і модрина Кемпфера, не є інвазійним. Природне поновлення трапляється дуже рідко, у зв'язку з чим модрина широко-луска не може заселяти нові ділянки природним шляхом. Вид практично не пошкоджується шкідниками і хворобами, тому його можна успішно культивувати на принципах породозміни на ділянках всохлих насаджень зі значним інфекційним фоном.

Ще один швидкорослий деревний вид – *псевдотсуга Мензіса* або ж *дугласія* (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) є одним із найпоширеніших серед хвойних видів Канади і США. У Західну Європу псевдотсуга вперше інтродукована в 1827 р. з острова Ванкувер.

Псевдотсугу Мензіса вважають одним із найважливіших комерційних деревних видів у всьому світі. Ввезений в Європу майже 200 років тому, на сьогодні цей деревний вид, порівняно з іншими, найширше культивують на європейському континенті (Podrázský et al., 2013; Spiecker, Lindner, & Schuler, 2019). На цей час площа насаджень за участю псевдотсуги у Західній Європі становить понад 800 тис. га. Незважаючи на таку значну площу, дугласія на сьогодні все ще не є основним інтродукованим лісовим видом для деяких європейських країн. Цей статус може бути переглянуто найближчим часом, зокрема, в контексті зміни клімату та з огляду на високий потенціал адаптації дугласії до кліматичних змін.

Pseudotsuga menziesii вважають перспективним видом для підтримки продуктивності середньоєвропейських лісів з урахуванням прогнозованого збільшення тривалих періодів посухи. Значний досвід культивування псевдотсуги нагромаджено у Німеччині, куди вона була завезена в 1842 р. і на сьогодні є найпоширенішим інтродуцентом. Насадження дугласії за інтенсивністю росту і запасами деревини помітно переважають соснові та ялинові лісостани.

З екологічного погляду вирощування псевдотсуги в Європі, ймовірно, може здійснити певний вплив на лісові екосистеми, особливо в разі запровадження плантаційних насаджень з високою густотою на великих площах. Проте екологічні наслідки не можуть бути настільки серйозними, як це мало би місце у разі використання таких інтродукованих видів, як *Ailanthus altissima* та *Prunus serotina*, які є інвазійними.

М. Šeho, А. Janßen (2019) звертають увагу на важливість походження інтродукованого виду. Наприклад, існують чіткі генетичні відмінності між прибережними і континентальними походженнями *Pseudotsuga menziesii*. Автори вказують на високу сприйнятливість місцевого походження дугласії до іржі (*Rhabdocline pseudotsugae* Syd.), у зв'язку з чим господарства, які культивували це походження, мали дуже великі збитки.

В Україні насадження з перевагою псевдотсуги Мензіса розповсюджені на відносно невеликій площі – близько 980 га, а запас стовбурової деревини в них оцінюють у більш ніж 230 тис. м³. Практич-

но всі насадження цього виду зосереджені у західному регіоні України. Найбільше насаджень псевдотсуги створено у Закарпатській області (більше 85% її площ). В інших областях їхня площа є незначною (Дебринюк, Фучило, Гузь, 2020). Основним лімітуючим чинником розповсюдження псевдотсуги на схід України є сухість клімату і ґрунту. Невелика площа насаджень цього інтродукованого виду в Україні пояснюється, насамперед, відсутністю достатньої кількості насінного матеріалу.

Найвищими показниками висоти та діаметра дугласія характеризується у насадженнях, де її частка становить в середньому 30%. Поряд з цим, найвищі запаси деревини дугласія продукує в насадженнях, де її частка у складі максимальна. Псевдотсуга також є важливим компонентом букових, смерекових та ялицевих насаджень. Р.М. Яцик (2018) встановив верхню межу можливого культивування дугласії в горах – 900-950 м н.р.м. Під час розроблення схем змішування потрібно враховувати повільний ріст дугласії у молодому віці.

Доцільність введення псевдотсуги у лісові насадження України з метою підвищення продуктивності лісів не викликає сумніву. Швидкий ріст, нагромадження значних запасів деревини за відносно короткі терміни у чистих за складом насадженнях, висока біотична стійкість роблять деревний вид перспективним для плантаційного лісовирощування.

Широкий досвід культивування псевдотсуги в Західній Європі, подальше збільшення площ під цим деревним видом підтверджує доцільність його вирощування у лісовому фонді України, особливо у західному регіоні, де умови культивування найсприятливіші. Деревний вид не інвазійний, природне насінне поновлення трапляється дуже рідко, а вегетативне – відсутнє зовсім. У зв'язку з цим, псевдотсуга Мензіса не може природним шляхом заселяти нові території, вимагається її штучне впровадження. Надмірне поширення деревного виду легко контролюється шляхом зрубування насаджень за його участю. Рекомендовано використовувати як швидкорослий вид у плантаційних насадженнях на принципах породозміни, а також як компонент букових, ялинових та ялицевих насаджень у багатих і відносно багатих типах лісу.

Ялиця велика (*Abies grandis* Lindl.) – інтродуцент із Північної Америки. За попередніми даними, саме цей деревний вид може бути одним із цінних перспективних інтродуцентів у лісах України, деревина якого відзначається широким спектром використання в промислових цілях. У межах природного ареалу (США, Канада) на родючих ґрунтах ялиця велика досягає максимальних показників висоти (75-100 м) та діаметра (160-180 см), формуючи дуже високопродуктивні деревостани (Дебринюк, Фучило, Гузь, 2020).

Ялиця велика широко інтродукована в країни Західної і Східної Європи, де її насадження відзначаються високою продуктивністю. В багатих лісорослинних умовах вона перевершує ялицю білу за

інтенсивністю росту на 30-50%, переважаючи у деяких насадженнях і такий швидкорослий вид, як псевдотсуга Мензіса. Окрім високої продуктивності, ялиця велика характеризується високою стійкістю до фітозахворювань та пошкоджень комахами, вітровалами, сніголамами. Високу стійкість до несприятливих погодних чинників деревному виду забезпечують добре розвинена коренева система та вузька крона.

Науково обгрунтоване впровадження ялиці великої у лісові насадження Прикарпаття і Карпат на місці всихаючих ялиників може бути важливим чинником не лише з погляду підвищення продуктивності лісів, але й забезпечення їх високої біотичної стійкості та естетичності.

Ялиця велика досягає репродуктивної здатності в 40 років. Витримує без пошкоджень морози до -30°C , є стійкою до заморозків. Росте досить швидко, особливо починаючи з 15-20-річного віку, формуючи річні висотні прирости в межах 40-50 см.

В Україні вид не має широкого розповсюдження. У 2017 р. професорами Г.Т. Криницьким та В.К. Заїкою було обстежене 28-річне насадження ялиці великої в умовах вологуватого підтипу свіжої грабової бучини на території дендропарку «Березинка» (Закарпатська обл.). Запас стовбурової деревини на час обстеження становив $502 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$, а середні висота і діаметр, відповідно, 25,6 м та 29,3 см. Ці дані підтверджують високу продуктивність деревного виду та перспективність його культивування.

Виходячи із досвіду вирощування ялиці великої у Західній Європі, можна зробити попередній висновок про те, що вид *не є інвазійним*. В період кліматичних змін, коли масово всихають ялинові ліси, ялиця велика може стати промисловим видом для отримання деревини. У цьому конкретному випадку необхідно розробити заходи для контролю за природним розповсюдженням інтродукованого деревного виду.

Варто зауважити, що модрина японська, псевдотсуга Мензіса, як і модрина європейська, культивуються в Україні впродовж 140-180 років, в результаті чого нагромаджено значний досвід з використання насаджень цих видів і не зазначено жодного випадку їхнього природного неконтрольованого поширення на лісових чи нелісових ділянках. Окремі насадження у віці більше 100 років нагромаджують запас стовбурової деревини понад $1,0 \text{ тис. м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$, відзначаючись при цьому видатною біотичною стійкістю та якістю стовбура. Очевидно, що складно знайти аргументи проти культивування модрини і дугласії у лісових насадженнях України з урахуванням стійкості видів до кліматичних змін та визначної продуктивності, навіть беручи до уваги їхнє чужоземне походження.

Доцільно звернути увагу на ще один інтродуцент – горіх чорний (*Juglans nigra* L.), який у відносно багатих і багатих типах лісорослинних умов є достатньо швидкорослим видом і формує деревину, ціннішу ніж дубова. Поширення деревного виду

у лісових насадженнях можна контролювати без особливих зусиль.

Отже, вагомі причини використання інтродукованих деревних видів у лісових насадженнях України полягають в їхній вищій продуктивності, високій біотичній стійкості у змінених кліматичних умовах, стійкості до несприятливих умов довкілля, порівняно з аборигенними видами.

Варто також акцентувати увагу на доцільності запровадження плантаційних насаджень, де найпростіше реалізувати високу потенційну продуктивність інтродукованих швидкорослих видів. У «FSC національному стандарті...» (Критерій 6.9) зазначено, що підприємство не має права замінювати (перетворювати) ані природні ліси на плантації, ані природні ліси чи плантації на нелісові види землекористування, за винятком випадків, коли така заміна: а) впливає на дуже обмежену частину одиниці господарювання; б) надає чіткі, істотні, гарантовані і тривалі вигоди на одиниці господарювання; в) не загрожує особливим цінностям для збереження на ділянках господарювання. Подібні вимоги відображено і в Критерії 6.10, де, крім того, вказано, що загальна площа плантацій, перетворених із природних лісів, не має перевищувати 5% від загальної площі одиниці господарювання.

Таким чином, принцип породозміни (Дебринюк, 2007) не суперечить згаданим вище Критеріям з погляду на обмежену площу плантаційних насаджень, надання тривалих та істотних вигод (продукування значних обсягів цінної деревини) та відсутності загрози витіснення аборигенних видів.

Щоб уникнути негативних наслідків і високих експлуатаційних витрат, під час культивування інтродукованих видів потрібно враховувати попередній досвід з лісовирощування. З цієї причини необхідно використовувати насінний матеріал з популяцій, які є перспективними для подальшого використання у конкретних лісорослинних умовах в нинішній період кліматичних змін.

Вибір та оцінювання придатності інтродукованих деревних видів, як альтернативи нестійким аборигенним видам в умовах кліматичних змін, відіграватиме вирішальну роль у стратегії лісовідновлення в найближчому майбутньому. У період «докліматичних змін» під час оцінювання придатності інтродукованих деревних видів для культивування основним критерієм була висока продуктивність виду, а не його пластичність у змінених кліматичних умовах. Стійкість до посухи, сприйнятливість до шкідників і хвороб, взаємовідносини є аборигенними видами відходили «на другий план» перед такими показниками, як швидкість росту і продуктивність. На сьогодні, у випадку відбору альтернативних деревних видів (в т.ч. і інтродукованих) для лісовирощування, необхідно враховувати, окрім високої продуктивності, також ще й стійкість до кліматичних змін та інвазійні впливи.

Отже, лісгосподарські підприємства повинні застосовувати лісівничі практики, які найбільшою мірою відповідають видовому складу деревної рос-

линності, лісорослинним умовам та цілям господарювання з урахуванням кліматичних змін, що повною мірою співзвучно з положеннями Критерію 10.5 «FSC національного стандарту...».

Дискусія (Discussion). Щодо доцільності введення інтродуцентів в українські ліси, єдиної думки серед лісівників-практиків і науковців не існувало: це питання завжди було дискусійним. З одного боку, низка дослідників і практиків-лісівників акцентували увагу на необхідності введення до складу насаджень швидкорослих інтродукованих деревних видів з погляду нагромадження ними високих запасів деревини у значно коротші терміни порівняно з аборигенними видами (Лавриненко, 1965; Гордієнко, Бондар, Гордієнко, 2001; Майборода, 2009 та ін.). З іншого боку, існували застереження щодо ймовірної можливості витіснення місцевих порід швидкорослішими і конкурентноспроможнішими чужоземними видами (Фучило та ін., 2017; Шевера та ін., 2017; Дебринюк, Фучило, 2020 та ін.). Зазначалось, що створювати у дібровах, судібровах, бучинах, суббучинах, яличинах і суяличинах похідні насадження з інтродукованих видів є відходом від принципів лісової типології. Крім того, фонд дубових і букових типів лісу в Україні є обмеженим, тому створення тут модринових чи дугласієвих насаджень є абсолютною невиправданим кроком.

Однак, незважаючи на ці застереження, введення інтродукованих деревних видів у лісові насадження України продовжувалося і триває на сьогодні. Окрім високої продуктивності, швидкорослі інтродуценти мають ще одну вагому перевагу – добре приживаються і ростуть за мінімальної кількості агротехнічних доглядів. Якщо за культурами дуба звичайного до їх зімкнення потрібно провести близько десяти доглядів, то за культурами модрини Кемпфера – не більше чотирьох (Белеля, Дебринюк, 2017). Тобто, економія трудозатрат (і коштів) очевидна.

Також низка інтродукованих видів (модрина, дугласія, робінія тощо), на відміну від аборигенних (ялина, сосна), проявляють високу стійкість до посухи (Белеля, Дебринюк, 2017; Moser et al., 2016), що в нинішніх умовах кліматичних змін є чи не найважливішим чинником їх подальшого культивування у лісових насадженнях України.

Проте у використанні інтродуцентів існує ще один дуже вагомий аспект – чужоземні види можуть бути *не інвазійними* або *інвазійними*. В останньому випадку вони дійсно представляють потенційну небезпеку для аборигенних деревних видів. Вище зазначалось, що природне розповсюдження різних видів модрини чи дугласії практично майже не відбувається і площі їхнього поширення можна легко контролювати шляхом зрубів модринових чи дугласієвих насаджень.

Поряд з цим, інші деревні види – айлант найвищий, клен ясенелистий, а в окремих випадках – дуб червоний, робінія звичайна та ін. у випадку введення їх у лісові насадження дуже швидко розповсюджуються, захоплюючи все нові і нові території.

Цьому сприяють їхнє майже щорічне рясне плодоношення, здатність до вегетативного розмноження, низька вимогливість до лісорослинних умов, швидкий ріст та висока конкурентоздатність. Особливо небезпечними є випадки, коли природне поновлення чужоземних видів з'являються в молодих культурах аборигенних порід. Якщо вчасно не видаляти насінні та паростеві екземпляри інтродуцентів, то досить швидко вони заміщують місцеві види і формують похідні деревостани. Тобто, йдеться про *інвазійні види*, щодо яких потрібно запроваджувати винищувальні заходи.

Разом із цим, не можна однозначно стверджувати, що використання дуба червоного, робінії звичайної, клена ясенелистого тощо є повністю неможливим. Так, дуб червоний є швидкорослим видом, до 60-річного віку нагромаджує значні запаси деревини, яка користується достатньо високим попитом (Івченко, 2002; Придка, 2013; Nicolescu et al., 2020). У відносно бідних умовах (B_2 , B_3) він добре асоціює зі сосною звичайною у лісових культурах, є біотично стійким та ґрунтопокращуючим видом. В умовах C_2 , C_3 дуб червоний росте дуже швидко, вже проявляючи ознаки інвазійного виду. Якщо ставиться мета отримання «швидкої» деревини дуба червоного, то згідно до положення «Державної стратегії...», тут необхідний жорсткий контроль за розповсюдженням інвазійного виду шляхом обмеженого його використання під час лісовідновлення та лісорозведення; а також запровадження моніторингу для недопущення його неконтрольованого розповсюдження.

M. Šeho, A. Janßen (2019) відзначають численні позитивні результати культивування низки інтродукованих деревних видів у лісових насадженнях Західної Європи (*Abies grandis*, *Quercus rubra*, *Larix kaempferi*, *Corylus colurna* та ін.). Проте в умовах кліматичних змін цих деревних видів є недостатньо, потрібні подальші спроби культивування нових видів з метою встановлення адаптивності дерев і лісостанів загалом, з'ясування генетичного походження перспективних видів, вивчення їхньої продуктивності і властивостей деревини, а також стійкості, технології культивування і динаміки росту.

Автори зазначають, що такий крок потребує значного часу і витримки, але актуальність питань повною мірою виправдовує такі тривалі випробування, результати яких будуть доступні через багато років. Тому такі роботи необхідно розпочинати вже тепер.

Якщо в свіжих і вологих типах лісорослинних умов (груди, сугруди) запровадження робінії звичайної є катастрофічною помилкою (видалити її практично неможливо), то в жорстких сухих умовах Степу існує висока доцільність використання цього цінного деревного виду у захисних насадженнях.

Клен ясенелистий є також яскраво вираженим інвазійним видом, боротьба з розповсюдженням якого є складною і малоефективною. Проте цей вид все ж доцільно обмежено використовувати у захис-

них насадженнях бідних і сухих умов, де він виконує важливу меліоративну роль.

Таким чином, відзначені в аналізованих нами документах застереження щодо небезпеки інвазій певних деревних видів є повністю обґрунтованими, оскільки вони можуть завдати непоправної шкоди місцевим цінним аборигенним видам. Поряд з цим, інтродуковані види мають різні лісівничо-біологічні характеристики, і далеко не всі з них є інвазійними, що потрібно брати до уваги під час формування продуктивних і стійких насаджень.

Висновки та рекомендації (Conclusions and recommendations). Інтродуковані деревні види широко розповсюджені у лісових насадженнях Східної і Західної Європи, в т.ч. і в Україні. Переважна більшість інтродуцентів є високопродуктивними і біотично стійкими, однак деякі з них можуть проявляти ознаки інвазійності. Тому потрібно брати до уваги, що інвазійні види є одним із п'яти ключових чинників, які руйнують природні екосистеми. Непродумане їхнє впровадження може призвести до витіснення аборигенних видів, деградації природних екосистем та їх поступового зникнення. Поряд з цим, якщо в умовах кліматичних змін місцеві деревні види втрачають стійкість і продуктивність, необхідно здійснювати пошуки для їхньої рівноцінної (або кращої) заміни з урахуванням потенційних ризиків.

Одним зі шляхів нівелювання дії негативних кліматичних змін на лісове господарство з погляду подальшого забезпечення промислових потреб у деревині є введення у лісові насадження швидкорослих (в т.ч. інтродукованих) деревних видів, які б виявляли високу біотичну стійкість в умовах зміни клімату. Проте йдеться не лише про їхню високу стійкість, але й про здатність у цих умовах продукувати значні обсяги якісної деревини. Використовувані інтродуковані деревні види повинні бути екологічно та економічно інтегрованими у природну лісову екосистему.

Доцільність і необхідність культивування інтродукованих деревних видів зумовлена низкою переваг перед аборигенними деревними видами, і повинна задовольняти *сім основних вимог*: 1) переваги за швидкістю росту та нагромадженням деревної маси; 2) переваги за біотичною стійкістю, особливо до посухи та високих літніх температур; 3) переваги за цінністю деревини або технічної сировини (напр., корок); 4) позитивний вплив на довкілля, насамперед – на ґрунт; 5) відсутність агресивних впливів на аборигенні види; 6) відсутність інвазійних проявів або можливість простого контролю за цими проявами; 7) відсутність негативних впливів на біорізноманіття.

Модрина європейська в Україні є аборигенним високопродуктивним швидкорослим цінним деревним видом, який доцільно впроваджувати у плантаційні насадження з метою отримання значних обсягів деревини. Деревний вид доцільно висаджувати на місці всохлих ялинових, соснових чи дубових насаджень, оскільки модрина проявляє високу біотичну стійкість, майже не пошкоджується сильни-

ми вітрами. Як аборигенний вид, модрина європейську також доцільно використовувати у ролі компонента дубових, букових, соснових, ялицевих та ялинових насаджень.

Модрина Кемпфера в Україні є інтродукованим деревним видом. Часто більш швидкоросла, тіньовитриваліша, володіє вищою конкурентоздатністю та густішою кроною, ніж модрина європейська, тому краще росте у чистих насадженнях. Цінний деревний вид для плантаційного лісовирощування, який в 41-50-річному віці нагромаджує 500 м³·га⁻¹ і більше стовбурової деревини. Виявляє позитивний вплив на ґрунтові умови.

Модрина широколуската також є інтродукованим деревним видом, перспективним для використання в комерційному лісовому господарстві. Виявляє більшу швидкість росту, ніж модрина європейська та японська, зростаючи до 20-річного віку за найвищими I^e-I^f класами бонітету.

Жоден з видів модрина не може бути інвазійним, оскільки дуже складно поновлюється природним шляхом, не розмножується вегетативно, природно не заселяє нові території, виявляє позитивний вплив на ґрунтові умови. Поширення всіх видів модрина легко контролюється шляхом зрубівання. Після зрубівання модринника формуються сприятливі умови для відновлення корінного типу деревостану (дубового, букового, соснового, ялинового тощо).

Псевдотсуга Мензіса – швидкорослий деревний вид із цінною деревиною, який на сьогодні є найрозповсюдженішим інтродуцентом у Західній Європі, площі під яким щорічно розширюються. В Україні дугласія заслуговує широкого впровадження у плантаційні насадження і традиційні лісові культури, оскільки має цінну деревину, виявляє позитивний вплив на ґрунт, практично не пошкоджується шкідниками і хворобами, стійка до посухи. Псевдотсуга не є інвазійним видом, оскільки незадовільно поновлюється насінним шляхом та не поновлюється вегетативно.

Ялиця велика інтродукована із Північної Америки і може стати одним із цінних перспективних інтродукованих видів в Україні. Володіє високою швидкістю росту, нагромаджує значні запаси деревини, позитивно впливає на ґрунт. Впровадження у традиційні лісові культури вимагає подальшого вивчення та обґрунтування.

Використання високопродуктивних інтродукованих деревних видів (модрин Кемпфера та широколускатаї, псевдотсузи Мензіса, ялиці великої), які за своєю природою не можуть бути інвазійними, забезпечить підвищення продуктивності та екологічної стійкості українських лісів в умовах кліматичних змін. Ці інтродуковані види стануть основними для промислового вирощування деревини в умовах зміни клімату.

Віднесення до інвазійних і заборона культивування інших цінних швидкорослих інтродукованих деревних видів – дуба червоного, робінії звичайної та гледичії триколючкової нанесе значну шко-

ду лісовому господарству України, оскільки ці види продукують промислово цінну деревину і можуть рости в бідних лісорослинних умовах за значного дефіциту вологи, що особливо вагомо в умовах зміни клімату. Ці та деякі інші інтродуценти (горіх чорний, сосну чорну тощо) у Західній Європі віднесено до таких, що є перспективними, випробуваними і придатними для культивування у лісових насадженнях.

У жодному з аналізованих документів – «Рамковій конвенції про охорону та сталий розвиток Карпат», «Державній стратегії управління лісами України до 2035 року» та «FSC національному стандарті системи ведення лісового господарства для України» не існує прямої заборони на використання інтродуцентів у лісових насадженнях. Повної заборони не існує навіть для культивування інвазійних видів, якщо їхній вплив на природні екосистеми можна контролювати та запровадити дієві заходи щодо пом'якшення їхнього негативного впливу.

Наведене вище обґрунтування щодо доцільності використання інтродукованих деревних видів стосується лише експлуатаційних лісів, і ніяким чином не відноситься до об'єктів природно-заповідного фонду. Крім того, не рекомендовано здійснювати масову заміну аборигенних видів на інтродуковані, навіть якщо вони не інвазійні, дуже високопродуктивні та біотично стійкі. Така заміна доцільна лише на обмежених площах на місці похідних, а також аборигенних насаджень, які втратили стійкість в умовах зміни клімату, і відновлення яких на цих ділянках не принесе бажаного результату.

Використання інтродукованих, але не інвазійних деревних видів в експлуатаційних лісах України забезпечить біотичну стійкість лісів, їхню високу продуктивність та інтенсивне нагромадження значних запасів деревини в умовах кліматичних змін. Орієнтування лише на аборигенні деревні види в умовах зміни клімату може призвести до незворотних негативних наслідків у лісовому господарстві, які проявляться через: а) значне зниження біотичної стійкості соснових, ялинових, дубових, ясеневих насаджень та часткове обезліснення територій; б) незадоволення промислових потреб у деревній сировині внаслідок помітного скорочення обсягів її продукування; в) зниження виконання ослабленими насадженнями водорегулювальних, ґрунтозахисних, санітарно-оздоровчих та інших важливих функцій.

Ці аспекти повинні бути враховані під час сертифікації лісів лісогосподарських підприємств України.

Список літератури (References)

- Белеля, С. О., Дебринюк, Ю. М. (2017). *Культивування видів роду Larix L. у штучних насадженнях Західного Полісся України*. Львів: Галицька видавнича спілка [Belelya, S. O., & Debryniuk, Iu. M. (2017). *Cultivation of species of the genus Larix L. in artificial plantations of the Western Polissia of Ukraine*. Lviv: Galicia Publishing Union] (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: Pyramid] (in Ukrainian)
- Гордієнко, Н. М., Бондар, А. О., Гордієнко, М. І. (2001). *Інтродуценти в дібровах Полісся та Лісостепу України*. Київ: Урожай [Gordienko, N. M., Bondar, A. O., & Gordienko, M. I. (2001). *Introduced species in the forests of Polissia and Forest Steppe of Ukraine*. Kyiv: Harvest] (in Ukrainian)
- Дебринюк, Ю. М. (2010). Всихання смерекових лісів як наслідок кліматичних змін. *Праці наукового товариства ім. Шевченка: матеріали Косівського осередку НТШ*, 3, 163-171 [Debryniuk, Iu. M. (2010). Drying out of spruce forests as a result of climate change. *Proceedings of the Taras Shevchenko Scientific Society: materials of the Kosiv branch of the National Academy of Sciences*, 3, 163-171] (in Ukrainian)
- Дебринюк, Ю. М. (2003). Особливості формування кореневих систем *Larix decidua* Mill. в лісових культурах Західного Лісостепу України. *Науковий вісник: збірник науково-технічних праць УкрДЛТУ*, 13.1, 30-43 [Debryniuk, Iu. M. (2003). Peculiarities of the formation of root systems of *Larix decidua* Mill. in forest cultures of the Western Forest Steppe of Ukraine. *Scientific Bulletin: collection of scientific and technical works of Ukrainian State Forestry University*, 13.1, 30-43. Retrieved from https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2003/13_1/index2.htm] (in Ukrainian)
- Дебринюк, Ю. М. (2007). *Плантаційні лісові культури в Західному Лісостепу України: концепція, методологія, ресурсний потенціал*: автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук: 06.03.01. Львів, НЛТУ України [Debryniuk, Iu. M. (2007). *Plantation forest crops in the Western Forest Steppe of Ukraine: concept, methodology, resource potential* (Doctoral dissertation, Ukrainian National Forestry University, Lviv, Ukraine). Retrieved from http://irbis-nbu.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbu/cgiirbis_64.exe] (in Ukrainian)
- Дебринюк, Ю. М., Фучило, Я. Д. (2020). *Плантаційні лісові насадження в Україні: концептуальні засади, ресурсний потенціал та енергетичне використання*. Львів: Галицька видавнича спілка [Debryniuk, Iu. M., & Fuchylo, Ya. D. (2020). *Plantation forests in Ukraine: conceptual foundations, resource potential and energy use*. Lviv: Galicia Publishing Union] (in Ukrainian)
- Дебринюк, Ю. М., Фучило, Я. Д., Гузь, М. М. (2020). *Плантаційне лісовирощування*. Львів: Галицька видавнича спілка [Debryniuk, Iu. M., Fuchylo, Y. D., & Guz, M. M. (2020). *Plantation forestry*. Lviv: Galicia Publishing Union] (in Ukrainian)
- Дідух, Я. П., Чорней, І. І., Буджак, В. В. (2016). *Кліматогенні зміни в рослинному світі Українських Карпат*. Чернівці: Друк арт [Didukh, Ya. P., Chorney, I. I., & Budjak, V. V. (2016). *Climatogenic changes in the plant life of the Ukrainian Carpathians*. Chernivtsi: Print art] (in Ukrainian)

- Державна стратегія управління лісами України до 2035 року. Схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 29 грудня 2021 р. № 1777-р [State forest management strategy of Ukraine up to 2035. Approved by the order of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated December 29, 2021 No. 1777-p. Retrieved from <https://www.kmu.gov.ua/npas/pro-shvalennya-derzhavnoyi-strategiyi-a1777r>] (in Ukrainian)
- Зав'ялова, Л. В. (2017). Види інвазійних рослин, небезпечні для природного фіторізноманіття об'єктів природно-заповідного фонду України. *Біологічні системи*, 9(1), 87-107 [Zavyalova, L. V. (2017). Species of invasive plants that are dangerous for the natural phytodiversity of the objects of the nature reserve fund of Ukraine. *Biological systems*, 9(1), 87-107. Retrieved from <http://ibhb.chnu.edu.ua/biosystem/t9-v2-2017>] (in Ukrainian)
- Івченко, А. І. (2002). Дуб червоний (*Quercus rubra* L.) у лісових насадженнях Львівщини: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.03.01. Львів, УкрДЛТУ [Ivchenko, A. I. (2002). Red oak (*Quercus rubra* L.) in forest plantations of Lviv region: (Doctoral dissertation abstract, Ukrainian State Forestry University, Lviv, Ukraine). Retrieved from http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?] (in Ukrainian)
- Кобів, Ю. Ю. (2009). Глобальні зміни клімату як загроза видовому біорізноманіттю високогір'я Українських Карпат. *Український ботанічний журнал*, 66(4), 451-465 [Kobiv, Yu. Yu. (2009). Global climate changes as a threat to the species biodiversity of the Ukrainian Carpathian highlands. *Ukrainian Botanical Journal*, 66(4), 451-465] (in Ukrainian)
- Кульбанська, І. М. (2021). Симптоми, поширення та шкодочинність туберкульозу *Fraxinus excelsior* L. (збудник – *Pseudomonas syringae* pv. *savartanoi* (Smith 1908) Young et al.). *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 23, 17-28 [Kulbanska, I. M. (2021). Symptoms, distribution and harmfulness of tuberculosis of *Fraxinus excelsior* L. (the causative agent is *Pseudomonas syringae* pv. *savartanoi* (Smith 1908) Young et al.). *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 23, 17-28. <https://doi.org/10.15421/412123>] (in Ukrainian)
- Лавний, В. В. (2021). Лісівничо-екологічні засади відновлення корінних деревостанів на вітровальних ділянках в Українських Карпатах. Львів: Галицька видавнича спілка [Lavnyu, V. (2021). *Silvicultural and ecological principles of primary stands regeneration on windthrow areas in the Ukrainian Carpathians*. Lviv: Galicia Publishing Union] (in Ukrainian)
- Лавриненко, Д. Д. (1965). Створення лісових культур у дібровах України. Київ: Урожай [Lavrynenko, D. D. (1965). *Creation of forest cultures in the forests of Ukraine*. Kyiv: Harvest] (in Ukrainian)
- Лісовий кодекс України. Введено в дію Постановою ВР N 3853-12 від 21.01.94 р. [Forest Code of Ukraine. Entered into force by Resolution VR N 3853-12 of January 21, 1994. Retrieved from https://zakononline.com.ua/documents/show/164851__597064] (in Ukrainian)
- Майборода, В. А. (2009). Ріст та особливості накопичення фітомаси чистими насадженнями дуба червоного бореального (*Quercus borealis* Michx.) в умовах Західного Лісостепу. *Науковий вісник НЛТУ України*, 19(13), 22-24 [Maiboroda, V. A. (2009). Growth and peculiarities of phytomass accumulation in pure stands of boreal red oak (*Quercus borealis* Michx.) in the conditions of the Western Forest Steppe. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 19(13), 22-24. Retrieved from https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2009/19_3/index.htm] (in Ukrainian)
- Миклуш, С. І. (2011). Рівнинні букові ліси України: продуктивність та організація сталого господарства. Львів: ЗУКЦ [Myklush, S. I. (2011). *Lowland beech forests of Ukraine: productivity and organization of a sustainable economy*. Lviv: ZUKZ] (in Ukrainian)
- Обласна цільова Програма розвитку лісового господарства Львівської області на 2022-2026 роки / Львівська обласна рада. Рішення № 322 від 23 грудня 2021 р. [Regional Target Program for Forestry Development of Lviv Region for the period 2022-2026 / Lviv Regional Council. Decision No. 322 of December 23, 2021. Retrieved from <https://www.lvivoblrada.gov.ua/articles/oblasna-rada-pidtrimala-programu-rozvitku-lisovogo-gospodarstva-lvivskoji-oblasti>] (in Ukrainian)
- Придка, П. П. (2013). Дуб червоний (*Quercus rubra* L.) у лісових насадженнях Страдчівського НВЛК: поширення та лісівничо-таксаційна характеристика. *Науковий вісник НЛТУ України*, 23(17), 9-14 [Prydka, P. P. (2013). Red oak (*Quercus rubra* L.) in the forest stands of the Stradchiv National Park: distribution and forestry taxonomic characteristics. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 23(17), 9-14. Retrieved from https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2013/23_17/index.htm] (in Ukrainian)
- Рамкова конвенція про охорону та сталий розвиток Карпат. Конвенцію ратифіковано Законом N 1672-IV (1672-15) від 07.04.2004 р. [Framework Convention on the Protection and Sustainable Development of the Carpathians. The Convention was ratified by Law N 1672-IV (1672-15) dated July 4, 2004. Retrieved from https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/998_164#Text] (in Ukrainian)
- Стойко, С. М. (2003). Географічні особливості вертикальної диференціації рослинного покриву в Українських Карпатах. *Науковий вісник УкрДЛТУ*, 13(3), 43-52. [Stoyko, S. M. (2003). Geographical features of vertical differentiation of vegetation cover in the Ukrainian Carpathians. *Scientific Bulletin: collection of scientific and technical works of Ukrainian State Forestry University*, 13(3), 43-52. Retrieved from https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2003/13_3/index2.htm] (in Ukrainian)
- Фучило, Я. Д. (2011). *Плантаційне лісовирощування: теорія, практика, перспективи*. Київ: Логос, 2011 [Fuchylo, Y. D. (2011). *Plantation afforestation: theory, practice, perspectives*. Kyiv: Logos, 2011] (in Ukrainian)
- Фучило, Я. Д., Сбитна, М. В., Дебринюк, Ю. М., Гайда, Ю. І., Белеля, С. О. (2017). Перспективи використання модрина для створення лісосиро-

- винних плантацій в умовах України. *Науковий вісник НЛТУ України*, 27(10), 26-32. [Fuchylo, Ya. D., Sbytna, M. V., Debryniuk, Iu. M., Hayda, Yu. I., & Belelia, S. O. (2017). Prospects for the use of larch for the creation of timber plantations in the conditions of Ukraine. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 27(10), 26-32. <https://doi.org/10.15421/40271003>] (in Ukrainian)
- Що таке інвазійні види і як вони впливають на біорізноманіття? *Екологія. Право людини* [What are invasive species and how do they affect biodiversity? *Ecology. Human right*. Retrieved from <http://epl.org.ua/human-posts/shho-take-invazijni-vydy-i-yak-vony-vplyvayut-na-bioriznomanittya/>] (in Ukrainian)
- Шевера, М. В., Протопопова, В. В., Томенчук, Д. Є., Андрик, Є. Й., Кіш, Р. Я. (2017). Перший в Україні офіційний регіональний список інвазійних видів рослин Закарпаття. *Вісник НАН України*, 10, 53-61 [Shevera, M. V., Protopopova, V. V., Tomenchuk, D. E., Andryk, E. Y., & Kish, R. Ya. (2017). The first official regional list of invasive plant species of Transcarpathia in Ukraine. *Bulletin of the National Academy of Sciences of Ukraine*, 10, 53-61. <https://doi.org/10.15407/visn2017.10.053>] (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 [Shparik, Yu. S., Krynytskyu, H. T., & Debryniuk, Iu. M. (2020). Trends in the dynamics of types of forest growth conditions and species composition of stands of the Ukrainian Carpathians in the context of climate changes. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 20, 82-92. <https://doi.org/10.15421/412008>] (in Ukrainian)
- Яцик, Р. М. (2018). Ще раз про застосування чужоземних видів у наших лісах! / Опубліковано 26.10.2018 р. [Yatsyk, R. M. (2018). Once again about the use of alien species in our forests! / Published on 26 October 2018. Retrieved from <http://ukrirmf.org.ua/uk/shhe-raz-pro-zastosuvannya-chuzhozemnih-vidiv-ushahih-lisah/>] (in Ukrainian)
- FSC національний стандарт системи ведення лісового господарства для України / Комітет політики та стандартів України. Чинний з 30.03.2020 р. [FSC National Forest Management System Standard for Ukraine / Policy and Standards Committee of Ukraine. With effect from 30 March 2020. Retrieved from <https://ua.fsc.org/ua-uk/forest-management-certification>] (in Ukrainian)
- A-Ram, Y., Jaehong, H., Minseok, Ch., & Sun-Wha, S. (2013). Soil Physical and Chemical Properties with Plantation Regions and Stand Age in *Pinus rigida* and *Larix kaempferi* plantations. *Korean Society of Forest Science*, 102(4), 578-586. <https://doi.org/10.14578/jkfs.2013.102.4.578>
- Albrich, K., Rammer, W., & Seidl, R. (2020). Climate change causes critical transitions and irreversible alterations of mountain forests. *Global Change Biology*, 26(7), 4013-4027. <https://doi.org/10.1111/gcb.15118>
- Barriola, M.-J., Aira, J.-R., & Lafuente, E. (2020). Visual grading criteria for Japanese larch (*Larix kaempferi*) structural timber from Spain. *Journal of Forestry Research*, 31, 2605-2614. <https://doi.org/10.1007/s11676-019-01025-5>
- Cannone, N., Sgrobati, 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)
- Dengler, A., & Röhrig, E. (1980). *Waldbau auf ökologischer Grundlage*. Hamburg und Berlin: Verlag Paul Parey. Bd.1. S. 140-150, 151-170, 174-179.
- Henry, A., & Flood, M. G. (1919). The history of the Dunkeld hybrid larch, *Larix eurolepis* with notes on other hybrid conifers. *Rou. Irish. Acad. Proc., Sec. B*, 35, 55-56.
- 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>
- Jandl, R., Spathelf, P., Bolte, A., & Prescott, C. (2019). Forest adaptation to climate change is non-management an option? *Annals of Forest Science*, 76(2), 48. <https://doi.org/10.1007/s13595-019-0827-x>
- Jansen, S., & Geburek, T. (2016). Historic translocations of European larch (*Larix decidua* Mill.) genetic resources across Europe – a review from the 17th until the mid-20th century. *Forest Ecology and Management*, 379(1), 114-123. doi.org/10.1016/j.foreco.2016.08.007
- Kim, Se-Mi, An, Ji-Hong, Lim, Yun-Kyung, Pee, Jung-Hun, Kim, Gyung-Soon, Lee, Ho-Young... Lee, Chang-Seok (2013). Ecological Changes of the *Larix kaempferi* Plantations and the Restoration Effects Confirmed from the Results. *Korean. Journal of Ecology and Environment*, 46(2), 241-250. <https://doi.org/10.11614/KSL.2013.46.2.241>
- Kunming-Montreal Global Biodiversity Framework: 23 targets (2022). UN Biodiversity Conference COP-15-CP /MOP10 – NP / MOP 4 Ecological Civilization – Building a Shared Future for All Life on Earth. 19 December, Montreal. Retrieved from <https://www.cbd.int/article/cop15-cbd-press-release-final-19dec2022>
- Millennium ecosystem assessment. Retrieved from <https://www.millenniumassessment.org/en/About.html>
- Moser, B., Bachofen, Ch., Müller, D. J., Metslaid, M., & Wohlgemuth, T. (2016). Root architecture might account for contrasting establishment success of *Pseudotsuga menziesii* var. *menziesii* and *Pinus sylvestris* in Central Europe under dry conditions. *Annals of Forest Science*, 73, 959-970. <https://doi.org/10.1007/s13595-016-0574-1>

- Myklush, Y., Myklush, S., Debryniuk, Iu., & Hayda, Y. (2022). Formation of European beech stands (*Fagus sylvatica* L.) that involve Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in tree species composition in the Ukrainian Roztochie. *Folia Forestalia Polonica, Series A – Forestry*, 64(2), 83-89. <https://doi.org/10.2478/ffp-2022-0008>
- Nagaike, T. (2002). Differences in plant species diversity between conifer (*Larix kaempferi*) plantations and broad-leaved (*Quercus crispula*) secondary forests in central Japan. *Forest Ecology and Management*, 168(1-3), 111-123. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(01\)00734-4](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(01)00734-4)
- Nicolescu, V.-N., Vor, T., Mason, W. L., Bastien, J.-Ch., Brus, L., Henin, J.-M., ... Hernea C. (2020). Ecology and management of northern red oak (*Quercus rubra* L. syn. *Q. borealis* F. Michx.) in Europe: A review. *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 93(4), 481-494. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpy032>
- Podrázský, V., Zahradník, D., Pulkrab, K., Kubeček, J., & Peňa, J.F.B. (2013). Hodnotová produkce douglasky tisolisté / *Pseudotsuga menziesii* /Mirb./ Franco) na kyselých stanovištích Školního polesí Hůrky, Písecko. [Production value of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* /Mirb./ Franco) on acid sites of the School Forest Hůrky, Písek region.] *Zprávy lesnického výzkumu*, 58(3), 226-232. Retrieved from https://www.vulhm.cz/zlv_online_detail/hodnotova-produkce-douglasky-tisoliste-pseudotsuga-menziesii-mirb-franco-na-kyselých-stanovistich-skolniho-polesi-hurky-pisecko/ (in Czech)
- Qu, Laiye (2016). Ecophysiological Study on the Natural Regeneration of the Two Larch Species with Special References to Soil Environment in Larch Forests. *Eurasian Journal of Forest Research*, 19(1), 1-51. Retrieved from <http://hdl.handle.net/2115/67935>
- Shukla, P.R., Skea, J., Slade, R., van Diemen, R., Haughey, E., Malley, J., ... Pereira, J.P. (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*. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/4/2019/11/03_Technical-Summary-TS.pdf
- Shvidenko, A. (2009). Non-boreal Forests of Eastern Europe in a Changing World: the Role in the Earth System. In: Groisman, P.Y., Ivanov, S.V. (eds) *Regional Aspects of Climate-Terrestrial-Hydrologic Interactions in Non-boreal Eastern Europe. NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security*. Springer, Dordrecht. 123-133. https://doi.org/10.1007/978-90-481-2283-7_14
- 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>
- Spiecker, H., Lindner, M., & Schuler, J.K. (2019). Douglas-fir: An Option for Europe. Joensuu: European Forest Institute. Retrieved from https://efi.int/sites/default/files/files/publication-bank/2019/efi_wsctu9_2019.pdf
- Šeho, M., & Janßen, A. (2019). *Alternativbaumarten im Klimawandel*. LWF aktuell 123, 19-22. Retrieved from <https://www.waldwissen.net/de/waldwirtschaft/waldbau/waldumbau/alternativbaumarten>

Expediency of introduction of alien tree species into forest plantations of Ukraine

Iu. Debryniuk¹, V. Lavnyy², S. Myklush³, T. Chihrak⁴

Invasive species are one of the most significant factors that destroy natural ecosystems. Their ill-considered introduction can lead to far-reaching negative consequences – the extinction of native species, the degradation of natural ecosystems and their gradual disappearance. Along with this, if under the conditions of climate change native tree species lose their resilience and productivity, it is necessary to search for their equivalent (or better) replacement, taking into account potential risks and dangers.

European larch (*Larix decidua* Mill.) in Ukraine is an aboriginal highly productive fast-growing valuable tree species which is expedient to be introduced into forest plantations in order to form stands with a short rotation age (41-60 years) and obtain significant amounts of timber. It is appropriate to plant this tree species on the site of dried-out spruce, pine or oak stands, since larch exhibits high biotic resistance to damage by phytopathogens and pests, and remains almost undamaged by strong winds. As an aboriginal species, European

¹ Iurii Debryniuk – Full Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Academician-Secretary of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, 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>

² Vasyl Lavnyy – Full Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Doctor of agricultural Sciences, Professor, Vice-rector for scientific work. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: +38-098-859-72-07. E-mail: lavnyy@gmail.com ORCID <https://orcid.org/0000-0003-2069-9026>

³ Stepan Myklush – Full Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Doctor of Agricultural Sciences, Director of Educational and Research Institute of Forestry and Park Gardening, Professor of the Forest Inventory and Forest Management Department. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: 032-237-10-45, +38-067-791-36-77. E-mail: msi_s@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9762-1190>

⁴ Taras Chihrak – Forestry Engineer, the first deputy Director of the State Enterprise “Rava-Ruska Forestry”, 99 Volodymyr Velykyi st., Rava-Ruska, Lviv region, 80316, Ukraine. Tel.: +38-067-970-74-20. E-mail: rawalishosp@ukr.net

larch is also advisable for use as an associate species in oak, beech, pine, fir and spruce forest plantations.

Japanese larch (*Larix kaempferi* Carr.; *Larix leptolepis* Gord) is an *introduced* tree species in Ukraine. It is often faster-growing, shade-tolerant, has a higher level of competitiveness and a denser crown than European larch, therefore, it grows better in pure stands. This is a valuable tree species for plantation forestry which accumulates 500 or more m³·ha⁻¹ of stem wood at an age of 41 to 50 years.

Hybrid larch (*Larix* × *eurolepis* Henry) is an *introduced* tree species that is promising for commercial forestry use. It shows a higher growth rate than European and Japanese larch. Until the age of 20 years, it grows according to the highest site classes I^e-I^f. It is very promising for plantation cultivation with a short rotation age.

None of the larch species can be considered invasive, since it is very difficult for them to regenerate naturally, these species do not reproduce vegetatively, they do not naturally colonize new territories, and they have a positive effect on soil conditions. The distribution of all species of larch is easily controlled by felling. After cutting a larch stand, favorable conditions are formed for the restoration of the primary type of forest stand (oak, beech, pine, spruce, etc.)

Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) is a fast-growing tree species with valuable wood. Today, this species is the most common introduced species in Western Europe, and the area occupied by this species is expanding every year. In Ukraine, this species deserves to be widely introduced into forest plantations and traditional forest cultures, as it has a positive effect on the soil, is practically not affected by phytopathogens, is not damaged by insects, and is resistant to drought. Douglas fir is not an invasive spe-

cies, because it is poorly regenerated by seed and does not reproduce vegetatively. The distribution of the species can be easily controlled by conducting cutting in stands involving this species.

The use of highly productive introduced tree species (Japanese larch and Hybrid larch, Douglas fir, grand fir), which, by their nature, cannot be invasive, will increase the productivity and environmental sustainability of Ukrainian forests in the context of climate change.

Classification as invasive and a total ban on the cultivation of other valuable fast-growing introduced species – red oak, black locust and thorny honey locust – will cause significant harm to the forestry of Ukraine, since these species produce industrially valuable wood and can grow in poor forest site conditions, with a significant moisture deficit, which is especially important in the conditions of climate change. These and some other introduced species (black walnut, Austrian pine, etc.) are classified in Western Europe as promising, tested and suitable for cultivation in forest plantations.

None of the considered documents – “The Framework Convention on the Protection and Sustainable Development of the Carpathians”, “The State Strategy for Forest Management of Ukraine up to 2035, and “The FSC National Forest Management System Standard for Ukraine” – contains a direct ban on the use of introduced species in forests plantations. There is no total ban even for the cultivation of invasive species, if their impact on natural ecosystems can be controlled and effective measures to mitigate their negative impact can be introduced.

These aspects must be taken into account when certifying forests of forestry enterprises.

Key words: climate change; larch, Douglas fir; plantations; invasive species; forest certification.



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

<http://fasu.nltu.edu.ua>
<https://doi.org/10.15421/412210>
Article received 2022.06.02
Article accepted 2022.12.29

ISSN 1991-606X print
ISSN 2616-5015 online
@ ✉ Correspondence author
Svitlana Raspopina
s_raspopina@ukr.net
Kharkiv region, Kharkiv district, the village
of "Dokuchaevske-2", 62483, Ukraine

УДК 630*91: 631.459.3

Вплив стимуляторів росту на приживлюваність і ріст сосни звичайної в лісових культурах Слобожанського лісорослинного району України

С. П. Распопіна¹, М. М. Діденко², Ю. М. Біла³, В. В. Горошко⁴, А. В. Гармаш⁵

Досліджено вплив фоліарної обробки стимуляторами росту рослин «Stimulate», «Bioforge» та органічним добривом «Rokohutin», а також пролонгування їхньої дії, на приживлюваність і показники росту сосни звичайної у лісових культурах у системі «фактор-ефект» в умовах свіжого субору ДП «Скрипаївське НДЛГ» на Харківщині. Застосовані у досліді препарати загалом сприяли підвищенню середніх показників приживлюваності, висоти та діаметра деревних рослин. При цьому стимулятори росту, порівняно з біодобривом, показали кращі результати. Максимальний ефект впливу простежено у перший рік фоліарної обробки, тоді як у подальшому ефект дії препаратів помітно знижується. Показники приживлюваності сосни в 1-річних культурах у всіх концентраціях випробуваних препаратів «Stimulate» та «Bioforge» перевищували нормативну приживлюваність (76%) на 4-14%, за виключенням варіантів з «Rokohutin» та «Контроль». У всіх варіантах 3-річних культур приживлюваність (збереженість) рослин не досягла нормативного показника (73%), що, ймовірно, зумовлено відсутністю доглядів за культурами. Загалом упродовж усього періоду спостережень (2019-2021 рр.) стабільно високі математично підтверджені результати на стан і біометричні показники культур сосни звичайної показали стимулятори росту рослин «Stimulate» й «Bioforge» у концентрації 0,15% та 0,3%. За використання цих препаратів середні показники висоти сосни звичайної в 1-річних культурах перевищували контроль від 4,8 до 48,3%, діаметра – від 53,4 до 61,4%, а в 3-річних – від 26,2 до 76,4% та від 13,5 до 39,8% відповідно.

Ключові слова: насадження 1-3-річного віку; *Pinus sylvestris* L.; Харківська область; біостимулятори росту; приживлюваність; біометричні показники.

¹ Распопіна Світлана Петрівна – член-кореспондент Лісівничої академії наук України, доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, завідувачка кафедри лісових культур, меліорацій та садово-паркового господарства. Державний біотехнологічний університет, п/в «Докучаєвське-2» Харківської обл., 62483, Україна. Тел.: 0572-99-72-56, +38-068-459-64-23. E-mail: s_raspopina@ukr.net ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1880-9364>

² Діденко Максим Михайлович – доцент кафедри лісових культур, меліорацій та садово-паркового господарства. Державний біотехнологічний університет, п/в «Докучаєвське-2» Харківської обл., 62483, Україна. Тел.: +38-098-233-93-41. E-mail: didenko_maxim@ukr.net ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1880-9364>

³ Біла Юлія Миколаївна – доцент кафедри лісових культур, меліорацій та садово-паркового господарства. Державний біотехнологічний університет, п/в «Докучаєвське-2» Харківської обл., 62483, Україна. Тел.: +38-050-619-46-46. E-mail: belay_1980@ukr.net ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1446-8168>

⁴ Горошко Віталій Віталійович – доцент кафедри лісівництва та мисливського господарства. Державний біотехнологічний університет, п/в «Докучаєвське-2» Харківської обл., 62483, Україна. Тел.: +38-099-290-09-67. E-mail: lesovodhnau@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8186-6214>

⁵ Гармаш Анна Василівна – викладач кафедри лісових культур, меліорацій та садово-паркового господарства. Державний біотехнологічний університет, п/в «Докучаєвське-2» Харківської обл., 62483, Україна. Тел.: +38-066-687-55-09. E-mail: garmash1505@gmail.com ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1874-094X>

Вступ (Introduction). Принцип збалансованого лісокористування передбачає інтенсивну модель розвитку лісового господарства із застосуванням інноваційних технологій на всіх ланках виробництва. Зокрема, лісовирощування, як одне із пріоритетних завдань лісової галузі, має базуватися на ефективному поєднанні виробничих циклів, передбачених галузевими нормативами, і сучасних наукових розробок, методів, які забезпечують відтворення високопродуктивних насаджень, стійких до несприятливих умов довкілля. Успішне виконання цього завдання залежить від комплексу чинників, серед яких особливо важливими контролюваними складовими, що забезпечують високу приживлюваність й збережувальність лісових культур, є стандартний садивний матеріал, своєчасне проведення лісокультурних доглядів, застосування різноманітних хімічних препаратів і речовин, зокрема регуляторів росту рослин.

Регулятори росту рослин (фітогормони, біорегулятори) – це речовини зі стимулюючою або інгібуючою дією на процеси росту й розвитку рослинного організму. Піонерні дослідження з їхнього використання під час вирощування сільськогосподарських культур розпочалися в США ще у 30-х роках минулого століття. Доведена висока ефективність зазначених речовин призвела, з одного боку, до їхнього широкого впровадження у рослинництво, починаючи з 50-60-их років, а з іншого – інтенсивного розвитку окремої ланки хімічної промисловості з виробництва препаратів подібної дії (Bhatla, 2018; Small, & Degenhardt, 2018; Naeem & Aftab, 2021; Auman et al., 2021). В Україні широко використовувати регулятори росту рослин почали наприкінці ХХ ст. (Калінін, 1984).

На сьогодні сучасний ринок засобів захисту та вирощування рослин представлений великим асортиментом різноманітних препаратів-фітогормонів природного і синтетичного походження, які дуже широко застосовують у рослинництві, зокрема, шляхом обробки насіння перед сівбою, обприскування сходів тощо. Ці препарати все ширше випробовують й у лісокультурному виробництві. Так, у вітчизняній науковій періодиці є багато робіт, присвячених вивченню таких популярних ростових препаратів як *Чаркор*, *Агростимулін*, *Гумат натрію*, *Емістим С*, *Триман-1*, *Вермістим*, *Івін* тощо (Ведмідь, Демченко, 2004; Сірик, Вешицький, Мокринський, 2006; Белеля, 2014; Тараненко, 2017; Даниленко, Висоцька, Тарнопільський, Румянцев, 2021; Румянцев та ін., 2022). Їх використовують як під час пророщування насіння, так і на наступних етапах онтогенезу рослини. Встановлено, що біологічно активні сполуки позитивно впливають на енергію проростання і схожість насіння, посилене формування кореневої системи, поглинаюча здатність якої до всмоктування вологи й поживних речовин зростає на 25-30%, унаслідок чого збільшується стресостійкість рослин до чинників природного середовища (посух, морозів тощо). Так, зокрема встановлено, що обробка насіння сосни

звичайної *Емістимом С* сприяє підвищенню його схожості та енергії проростання на 30-50 %, а обприскування у закритому ґрунті сходів *Агростимуліном* – збільшенню висоти однорічних рослин, їхнього діаметра, маси хвої, стовбурців і коріння на 23, 30, 9, 55 та 38% відповідно (Сірик, Вешицький, Мокринський, 2006). Окрім сосни звичайної, підвищення схожості від 5 до 37% після обробки насіння *Агростимуліном*, *Чаркором*, *Триманом-1*, а також збільшення біометричних показників сіянців, зафіксовано для берези повислої та дуба звичайного (Даниленко, Висоцька, Тарнопільський, Румянцев, 2021; Румянцев та ін., 2022). Зауважимо, що такі стимулятори росту як *Агростимулін*, *Чаркор*, *Триман-1* й дотепер (від початку 2000 рр.) не втратили своєї актуальності (Ведмідь, Демченко, 2004; Борисова, 2005; Сірик, Вешицький, Мокринський, 2006; Даниленко, Висоцька, Тарнопільський, Румянцев, 2021).

У лісових розсадниках також використовують комплексні препарати, які, окрім фітогормонів, містять штами ґрунтових мікроорганізмів на основі фосфатмобілізуєчих, азотфіксуєчих бактерій, гумінових речовин тощо, які інтенсифікують синтез ферментів, вітамінів, розкладання органічних речовин ґрунту, збагачуючи його на макро- та мікроелементи, що загалом сприяє підвищенню родючості ґрунту (Борисова, 2005; Попов, 2008).

У лісових розсадниках і тепличних комплексах лісогосподарських підприємств України під час вирощування садивного матеріалу дерев і кущів доволі широко застосовують ростові препарати. Водночас їхнє застосування практично обмежується передпосівною обробкою насіння та підживленням сіянців. Наукові дослідження з використання біопрепаратів у процесі створення та вирощування лісових культур є поодинокими, що й визначило напрям та актуальність нашого дослідження з випробування стимуляторів росту рослин широкого спектру дії у лісових культурах сосни звичайної в умовах південно-східної частини Лісостепу. Актуальність дослідження зумовлена потребою інтенсифікації лісокультурного виробництва шляхом застосування інноваційних прийомів під час відновлення лісу, зокрема через використання препаратів, які забезпечують високі показники приживлюваності, енергії росту та стійкості створених лісових культур до несприятливих чинників природного середовища.

Мета дослідження – оцінити вплив фоліарної обробки стимуляторами росту рослин широкої дії (*Stimulate*, *Bioforge*, *Rokohumin*) та пролонгування впливу біопрепаратів на приживлюваність, стан і розвиток сосни звичайної в 1-3-річних лісових культурах у системі «фактор-ефект».

Об'єкти і методика досліджень (Objects and methods of research). *Об'єкт дослідження* – стан і розвиток сосни звичайної у лісових культурах (впродовж трьох років) під впливом фоліарної обробки стимуляторами росту рослин широкої дії в умовах свіжого субору ДП «Скрипаївське

навчально-дослідне лісове господарство» (надалі «Скрипайвське НДЛГ»), розташованого в південно-східній частині Лісостепової зони Харківської області. *Предмет дослідження* – приживлюваність і збережуваність сосни звичайної у штучних насадженнях під впливом стимуляторів росту рослин.

Фоліарна обробка є одним із найефективніших засобів потрапляння хімічних речовин у рослинний організм. Механізм проникнення та ефект дії речовин через листовий апарат диференціюють на декілька етапів: абсорбція через кутикулу; транспортування в клітини; включення діючої речовини у біохімічні та фізіологічні процеси рослини. Потрапляючи через листову поверхню, хімічні речовини активно мігрують у всі органи рослини й у підсумку впливають на ріст, розвиток і швидко адаптацію рослини до чинників довкілля.

Два з трьох використаних у досліді препаратів є біостимуляторами росту рослин нового покоління. Так, *Stimulate* – це результат синтезу трьох фітогормонів – цитоксину, ауксину й гіберелової кислоти у найоптимальнішому, для перебігу процесів життєдіяльності рослини, співвідношенні (2 : 1 : 1), що забезпечує швидке проростання насіння, одночасні сходи, потужний розвиток кореневої системи та її здатність до активного поглинання й використання поживних речовин ґрунту.

Bioforge® – потужний антиоксидантний препарат для нейтралізації стресу у рослинному організмі. Це продукт синтезу природних молекул мурашиної кислоти та сечовини, завдяки чому отримано нову діючу речовину – деформіл сечовину, що нейтралізує вільні радикали в клітинах рослин, утворених унаслідок стресу. Біологічна дія препарату *Bioforge* полягає у підтримуванні гормонального балансу у рослинному організмі, посиленні його росту і розвитку. Препарат пригнічує сигнал до синтезу етилену (гормону стресу) й дає змогу рослинам тривалий час залишатися життєздатними в посушливих умовах, а також швидко відновлюватися після стресу.

Rokohumin – рідке органо-мінеральне добриво, що містить NPK, мікроелементи у біологічно необхідній кількості, гумінові та амінокислоти, що, окрім поживної цінності, забезпечують кращу адаптованість рослини до низки несприятливих погодних чинників – суховіїв, приморозків, посух, вимерзання. Суттєвою перевагою всіх апробованих препаратів є можливість їхнього використання у баковій суміші з різними хімікатами – пестицидами, гербіцидами, фунгіцидами тощо.

Дослід з фоліарної обробки сосни звичайної у лісових культурах біопрепаратами закладено у червні 2019 р. на лівобережній піщаній терасі р. Сіверський Донець в умовах свіжого дубово-соснового субору (В₂-дС). Культури створено 02.04.2019 р. уручну методом садіння під меч Колесога стандартними сіянцями з розміщенням 2,0 × 0,7 м. Препарати випробовували у різних концентраціях їх водних розчинів – по три концентрації для *Stimulate*,

Bioforge та дві – для *Rokohumin*. Загалом закладено дев'ять експериментальних варіантів (табл. 1).

Таблиця 1. Варіанти дослідів з фоліарної обробки 1-річних культур сосни звичайної біопрепаратами

Table 1. Experimental versions of foliar treatment of 1-year-old *Pinus sylvestris* forest plantations with biological preparations

Назва препарату	Варіант дослідів	Концентрація, %
<i>Stimulate</i>	St-0,05	0,05
<i>Stimulate</i>	St-0,15	0,15
<i>Stimulate</i>	St-0,3	0,3
<i>Bioforge</i>	B-0,15	0,15
<i>Bioforge</i>	B-0,3	0,3
<i>Bioforge</i>	B-0,45	0,45
<i>Rokohumin</i>	Rok-1	1
<i>Rokohumin</i>	Rok-1,5	1,5
Контроль	К	-

Дослідна ділянка представлена дев'ятьма рядками сосни звичайної завдовжки по 60 м. Кожен рядок відповідає певному варіанту дослідів. Щойно приготовленими розчинами препаратів (розчинник – звичайна недистильована вода) здійснювали суцільне обприскування саджанців ручним обприскувачем (Marolex 3000 Master Ergo, Польща). Впродовж 2019-2021 рр. оцінювали приживлюваність (збережуваність), стан і розвиток (за основними біометричними показниками) рослин сосни звичайної у культурах. Отримані результати обробляли методами математичної статистики за допомогою пакету програми *MS Excel*.

Результати та обговорення (Results and discussion). Приживлюваність лісових культур сосни звичайної у перший рік дослідів змінювалась у межах від 50 до 90%, при цьому її мінімальне значення спостережено на контролі (рис. 1).

Згідно з «Інструкцією... (2010), для Харківської області нормативна приживлюваність 1-2-річних лісових культур повинна становити не менше 76%. Отже, нижче від нормативної приживлюваності виявились три варіанти – Рок-1, Рок-1,5, у т.ч. Контроль, тоді як решта варіантів (у всіх концентраціях препаратів *Stimulate* та *Bioforge*) перевищувала її від 4 до 14% (див. рис. 1). Простежено динаміку підвищення показника приживлюваності зі збільшенням концентрації препарату. Так, якщо приживлюваність деревних рослин за використання *Stimulate* у концентрації 0,05% становить 83%, то у концентрації 0,3% вона зростає до 90%. Подібну тенденцію спостережено також і для препарату *Bioforge* – за його концентрації 0,15% приживлюваність складає 80%, а за концентрації 0,45% – підвищується до 88%. У варіанті з *Rokohumin* при-

живлюваність сосни була нижчою від нормативних показників (60 та 55% для концентрацій 1% та 1,5% відповідно), але водночас перевищувала контроль (див. рис. 1).

Отже, розташування варіантів у ряду зниження впливу випробуваних препаратів на приживлюваність 1-річних культур сосни звичайної виглядає

так: St-0,3 → B-0,45 → B-0,3 → St-0,05 → St-0,15 → B-0,15 → Rok-1 → Rok-1,5. Якщо порівняти середні значення приживлюваності за окремими препаратами, то найбільший вплив на цей показник виявив препарат *Stimulate* – перевищення над контролем становило 71%, далі йде *Bioforge* – 69% і останній у ряду *Rokohumin* – 15% (рис. 2).

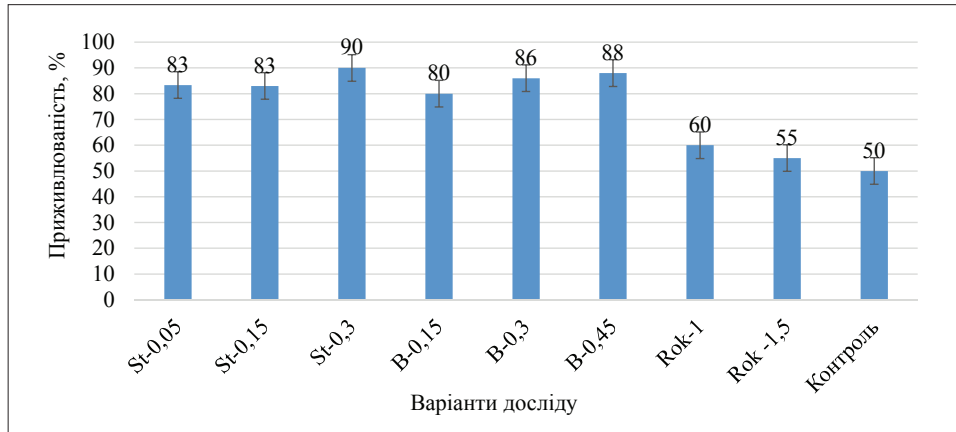


Рис. 1. Приживлюваність 1-річних культур сосни звичайної після фоліарної обробки біопрепаратами (перший рік досліджу)

Fig. 1. Survival rate of 1-year-old forest plantations of *Pinus sylvestris* after foliar treatment with biological preparations (the first year of the experiment)

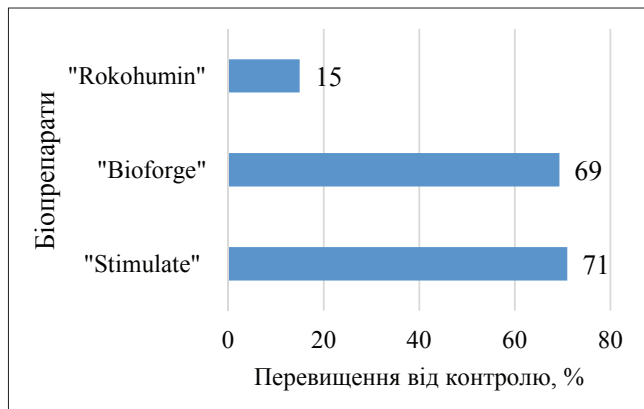


Рис. 2. Перевищення від контролю середніх показників приживлюваності 1-річних культур сосни звичайної у досліджу з біопрепаратами

Fig. 2. Control-exceeding average survival indexes of 1-year-old *Pinus sylvestris* forest plantations in an experiment with biological preparations

Загалом приживлюваність лісових культур залежить від низки абіотичних і біотичних чинників, насамперед, від якості садивного матеріалу, агротехніки створення, термінів садіння, кількості та якості доглядів, погодних умов тощо. Нами проаналізовано погодні умови впродовж вегетаційного періоду 2020 р. за метеорологічними даними Харківської області. Встановлено, що у квітні показники температури та вологості були доволі сприятливими для приживлюваності деревних рослин (хмарних днів – 19, дощових – 1, середня t°C вдень – 14°C, вночі – 5°C). Водночас у травні й, особливо, у червні та липні зростала посушливість

повітря. Температура повітря у червні коливалась від 25 до 32°C, причому кількість днів з температурою 29°C і більше перевищила 15, а температурні показники у липні впродовж першої декади змінювались від 32 до 36°C. Отже, погодні умови першої половини вегетаційного періоду були доволі несприятливими для приживлюваності сосни у лісових культурах. Поряд з цим, у варіантах з біопрепаратами приживлюваність перевищила нормативні значення, на відміну від контролю, де саджанці відреагували на посушливу погоду її суттєвим зниженням.

Випробувані препарати також виявили позитивний вплив на біометричні показники сосни звичайної. Так, у перший рік досліджу (2019 р.) середня висота деревного виду практично у всіх варіантах перевищувала контрольне значення (рис. 3).

Загалом, висота 1-річних культур сосни звичайної змінювалась у межах від 4,5 до 14 см та в середньому становила 8,7±0,51 см. Найкращі показники за висотою – 10,4 ± 1,8 см, 9,3±2,0 та 9,2±0,8 см спостережено у варіантах St-0,15, Rok-1,5 та B-0,3 відповідно, а статистично доведене збільшення висоти зафіксоване для варіантів St-0,15, St-0,3 та B-0,3 (табл. 2).

Діаметр саджанців сосни звичайної (поблизу кореневої шийки) в експериментальних 1-річних культурах коливався у діапазоні від 1,4 до 5,4 мм (за середньої величини 3,3±0,19 мм) і майже у всіх варіантах достовірно перевищував контрольне значення (2,2 мм) (див. табл. 2).

Серед препаратів найкращі результати показали *Stimulate* та *Bioforge*, а найнефективнішими варіантами досліджу виявились St-0,15 та B-0,45 (рис. 4).

Відзначимо стабільно високі результати впливу препарату *Bioforge* у всіх випробуваних концентраціях на діаметр сосни звичайної на кореневій ший-

ці, який варіював від 3,4 до 3,8 мм, а також препарату *Stimulate* у варіантах St-0,15 та St-0,3 – 3,6 і 3,2 мм відповідно (див. рис. 3).

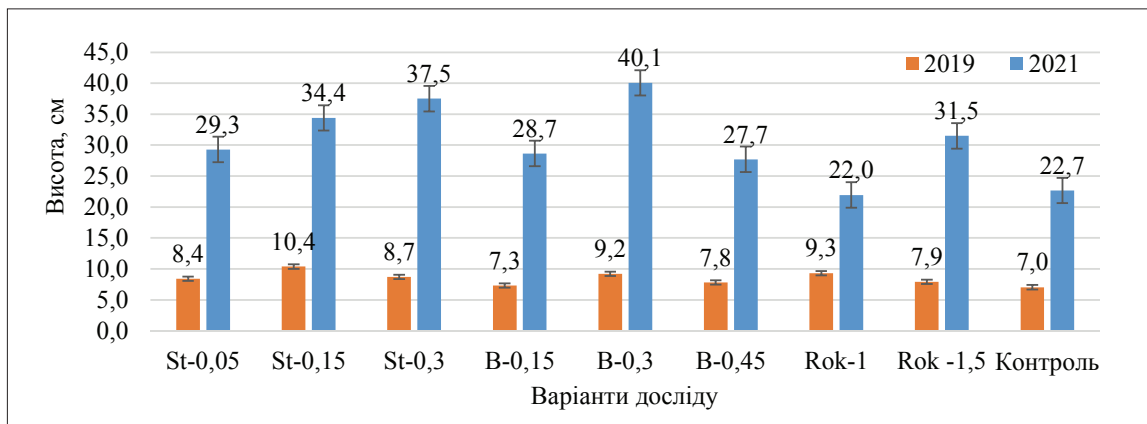


Рис. 3. Висота 1-річних культур сосни звичайної у досліді з фоліарною обробкою біопрепаратами, 2019 р.

Fig. 3. Height of 1-year-old *Pinus sylvestris* forest plantations in the experiment with foliar treatment with biopreparations, 2019

Таблиця 2. Найменша суттєва різниця (НСР₀₅) між варіантами дослідження за показниками висоти та діаметра саджанців сосни звичайної

Table 2. The smallest significant difference (SSD₀₅) between the test versions in terms of height and diameter of *Pinus sylvestris* saplings (2019, 2021)

Варіант дослідження	2019 р.		2021 р.	
	H	D	H	D
St-0,05	1,92	0,67	6,21	1,68
St -0,15	1,96	0,49	8,03	2,70
St-0,30	1,39	0,41	8,99	2,00
B-0,15	1,75	0,76	4,63	1,90
B-0,30	1,16	0,65	8,39	1,91
B-0,45	3,19	0,91	6,63	1,42
Rok -1	3,44	0,25	–	1,33
Rok -1,5		2,49	6,95	1,20

Примітка. Жирним шрифтом виділено статистично доведений варіант

Отже, результати дослідження з випробування стимуляторів росту рослин шляхом фоліарної обробки 1-річних культур сосни звичайної довели їхній позитивний ефект.

Для з'ясування можливої пролонгованої дії препаратів ми дослідили стан і розвиток сосни в лісових культурах у 2021 р., тобто через рік після закладання дослідів. За цей час показник приживлюваності (збережуваності) культур сосни значно знизився у всіх варіантах, а саме: St-0,05 – на 28, St-0,15 – на 73, St-0,3 – на 61, B-0,15 – на 27, B-0,3 – на 32, B-0,45 – на 26, Rok-1 – на 13, Rok-1,5 – на 10, контроль – на 25% порівняно з показниками 2019 року (рис. 5).

Таке суттєве зниження приживлюваності, на нашу думку, зумовлено, насамперед, відсутністю доглядів за культурами, що призвело до масового поширення коренепаросткового бур'яна куничника наземного (*Calamagrostis epigejos* L.), висота якого місцями сягала 1,5 м. Зважаючи на те, що нормативна приживлюваність 3-річних лісових культур на Харківщині становить 73%, усі вони потребують доповнення. Оцінювання основних біометричних показників сосни звичайної у 3-річних культурах у досліді з фоліарною обробкою стимуляторами росту показало такі результати. Загальна висота деревного виду у всіх варіантах варіювала в межах від 10 до 56,5 см та в середньому становила 29,6±2,0 см. Відзначимо, що у 2021 р., подібно до 2019 р., зафіксовано позитивну дію біопрепаратів на висоту за винятком варіанту Rok-1 (рис. 6). Водночас, така реакція сосни не є результатом безпосередньої дії препарату, а зумовлена масовим об'їданням верхівок деревець козулею саме у цьому варіанті дослідів.

Отже, впродовж усього періоду спостережень, стабільно високі результати впливу препаратів на висоту культур показали варіанти B-0,3 та St-0,3, в яких її середній показник сягнув максимальних значень як у 2019, так і 2021 р. – 40,1 і 37,5 см відповідно. Доволі значною середньою висотою відзначилися також деревця сосни у варіанті St-0,15 – 34,4 см (див. рис. 6). При цьому, у п'яти з семи варіантів перевищення за висотою, порівняно з контролем, статистично доведено (див. табл. 2).

Ефективність впливу біопрепаратів на діаметр сосни звичайної на кореневій шийці у 3-річних культурах у 2021 р. вирізнялась від їхнього впливу на висоту. Загалом середній діаметр становив 6,2±0,39 мм за варіювання значень у діапазоні від 3,2 до 13 мм. Щодо варіантів дослідів, то максимальний вплив на цей показник виявив препарат *Stimulate*, особливо у концентраціях 0,15 та 0,3%,

за яких діаметр на кореневій шийці становив 8,0 та 7,7 мм. Дещо слабший вплив виявив *Bioforge*, проте у варіантах В-0,3 та В-0,45 середні діаметри деревець сосни на кореневій шийці все ж таки пере-

вищували контроль (див. рис. 6). Водночас статистично доведена відмінність за діаметром встановлено лише для варіантів St-0,15, St-0,30 та В-0,30 (див. табл. 2).

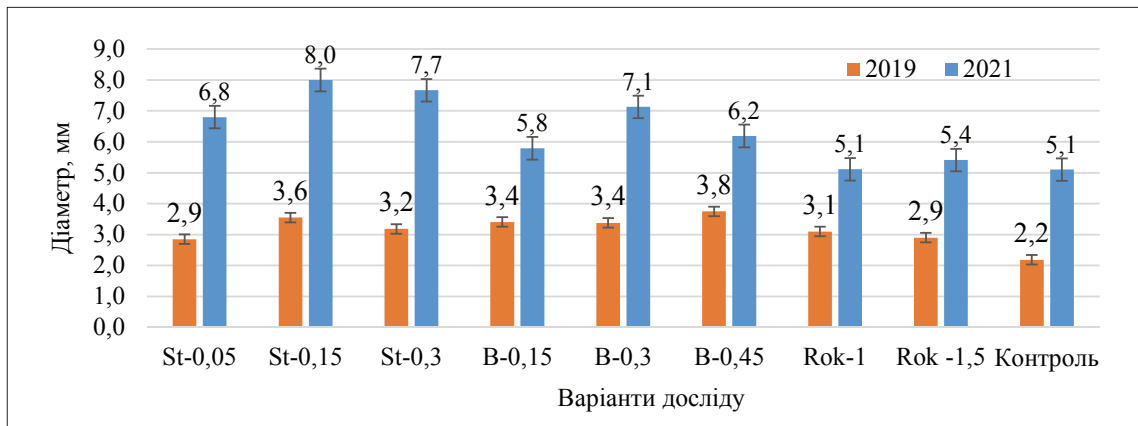


Рис. 4. Діаметр одно- та трирічних культур сосни звичайної у досліді з фоліарною обробкою біопрепаратами
 Fig. 4. Diameters of 1-year-old and of 3-year-old *Pinus sylvestris* forest plantations in the experiment with foliar treatment with biological preparations

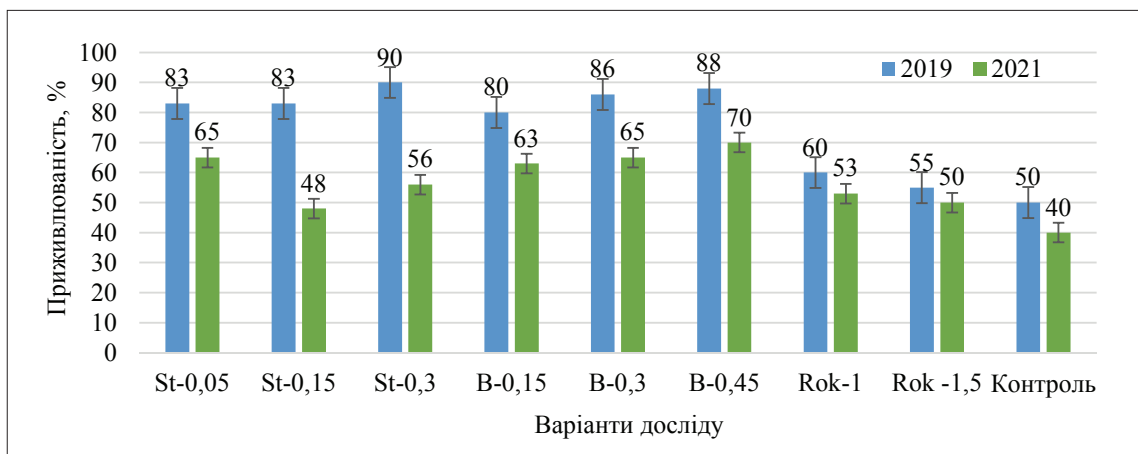


Рис. 5. Динаміка показника приживлюваності експериментальних культур сосни звичайної впродовж 2019-2021 рр.
 Fig. 5. Dynamics of the survival index of the experimental *Pinus sylvestris* forest plantations during the period 2019-2021

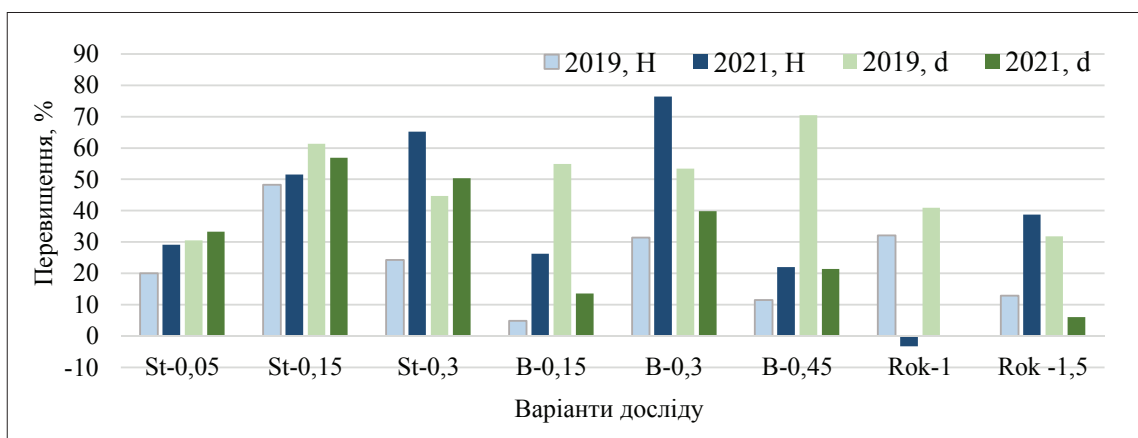


Рис. 6. Динаміка середніх показників висоти та діаметра сосни звичайної у лісових культурах (порівняно з контролем) у досліді з фоліарною обробкою біопрепаратами впродовж 2019-2021 рр.
 Fig. 6. Dynamics of the average height and diameter indexes of *Pinus sylvestris* in forest plantations (compared to the control) in the experiment with foliar treatment with biological preparations during the period 2019-2021

Дискусія (Discussion). Україна є лісодефіцитною державою, її лісистість за останніми даними становить 15,9%, а фактично натеper є ще нижчою через знищення лісових масивів унаслідок широкомасштабного військового вторгнення РФ на територію України 24.02.2022 року. Знищення лісів найінтенсивніше відбувається у південно-східній частині держави. Лісовирощування на цій території через несприятливі для лісової рослинності природні умови завжди представляло труднощі, а масштабність цих робіт у післявоєнний період ще більше його ускладнюватиме. Тому постає питання щодо впровадження у лісокультурне виробництво інноваційних прийомів, які сприяють підвищенню ефективності лісовідновлення, зокрема приживлюваності та збережуваності лісових культур. Одним із таких дієвих прийомів є застосування препаратів, стимулюючих ростові процеси рослин. Натеper сучасний ринок засобів захисту та вирощування рослин представлений великим асортиментом різноманітних препаратів-фітогормонів природного й синтетичного походження. Причому сучасні препарати характеризуються широким спектром дії та, окрім посилення ростових процесів, мають антистресовий ефект, що надає змогу рослинам тривалий час залишатися життєздатними та швидко відновлюватися за впливу різних стрес-факторів (пересаджування сіяньців на лісокультурну площу, атмосферна та ґрунтова посухи, висока температура повітря тощо). Випробування стимуляторів росту рослин широкої дії (*Stimulate*, *Bioforge*, *Rokohumin*) на території Слобожанського лісорослинного району, що збігається з межею Лісостепу, дало змогу оцінити вплив фоліарної обробки та пролонгування впливу біопрепаратів на приживлюваність і ростові процеси саджанців сосни звичайної впродовж трьох років після створення лісових культур, а також рекомендувати найоптимальніші концентрації препаратів, за яких спостерігається їхній максимальний ефект.

Висновки (Conclusions). Фоліарна обробка саджанців стимуляторами росту *Stimulate* та *Bioforge* й органічним добривом *Rokohumin* сприяла підвищенню приживлюваності та основних біометричних показників сосни звичайної в 1-річних культурах. Стимулятори росту, порівняно з біодобривом, показали кращі результати. При цьому максимальний ефект впливу простежено у перший рік обробки, а в подальшому ефект дії препаратів помітно знижується. Водночас остаточний висновок щодо пролонгованої дії біопрепаратів зробити не вдалося через відсутність доглядів за лісовими культурами, що значною мірою знівелоувало ефект від використання біопрепаратів. Загалом упродовж усього періоду спостережень (2019-2021 рр.) стабільно високі результати на стан і біометричні показники (висота, діаметр) сосни звичайної у лісових культурах показали стимулятори росту рослин *Stimulate* та *Bioforge* у концентрації 0,15% та 0,3%.

Список літератури (References)

- Белеля, С. О. (2014). Вплив стимуляторів росту рослин на енергію проростання та схожість насіння *Larix decidua* Mill. *Лісівництво і агролісомеліорація*, 124, 76-84 [Belelya, S. O. (2014). The effect of plant growth stimulants on germination energy and seed germination of *Larix decidua* Mill. *Forestry and Forest Melioration*, 124, 76-84. Retrieved from http://nbuv.gov.ua/UJRN/lisam_2014_124_13] (in Ukrainian)
- Борисова, В. В. (2005). *Вирощування садивного матеріалу модрина європейської інтенсивними методами в умовах Лівобережного Лісостепу України*: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.03.01. Харків, Укр. НДІ ліс. госп-ва та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького. [Borisova, V. V. (2005). *Cultivation of European Larch seedlings (Larix) by application of intensive methods under conditions of the Left-bank Forest-Steppe region of Ukraine* (Doctoral dissertation abstract, the G. M. Vysotsky Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration, Kharkiv, Ukraine). Retrieved from <http://irbis-nbuv.gov.ua/aref/20081124004237>] (in Ukrainian)
- Ведмідь, М. М., Демченко, О. Г. (2004). Збереженість та ріст насаджень *Pinus silvestris* L. за обробки коренів саджанців перед садінням регуляторами росту. *Науковий вісник НЛТУ України*, 14(8), 421-425 [Vedmid, M. M., & Demchenko, O. G. (2004). Survival and growth of *Pinus silvestris* L. plantations at seedling roots treatment by growth regulators before planting. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 14(8), 421-425. Retrieved from https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2004/14_8/index14_8.htm] (in Ukrainian)
- Даниленко, О. М., Висоцька, Н. Ю., Тарнопільський, П. Б., Румянцев, М. Н. (2021). Вплив регуляторів росту рослин на ріст і масу сіяньців дуба звичайного в умовах Південно-Східного Лісостепу України. *Лісівництво і агролісомеліорація*, 138, 59-67 [Danylenko, O. M., Vysotska, N. Yu., Tarnopil'skyi, P. B., & Rumiantsev, M. N. (2021). Influence of plant growth regulators on the growth and weight of English oak seedlings in the South-eastern Forest-Steppe in Ukraine. *Forestry and Forest Melioration*, 138, 59-67. <https://doi.org/10.33220/1026-3365.138.2021.59>] (in Ukrainian)
- Гут, Р. Т. (2008). Особливості росту сіяньців сосни звичайної в умовах гормональної стимуляції. *Науковий вісник НЛТУ України*, 18(5), 14-19 [Gout, R. T. (2008) Features of the growth of seedlings of Scots pine in the conditions of hormonal stimulation. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 18(5), 14-19. Retrieved from https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2008/18_5/index.htm] (in Ukrainian)
- Калінін, Ф. Л. (1984). *Застосування регуляторів росту в сільському господарстві*. Київ: Урожай [Kalinin, F. L. (1984). *Application of growth regulators in agriculture*. Kyiv: Harvest] (in Ukrainian)
- Інструкція з проектування, технічного приймання, обліку та оцінки якості лісокультурних*

- об'єктів (2010). Затверджено наказом Державного комітету лісового господарства України 19.08.2010 р. № 260. Київ: Держкомлісгосп [Instruction on design, technical acceptance, accounting and quality assessment of forestry objects (2010). Approved by the order of the State Forest Management Committee of Ukraine dated 19 August 2010. No. 260. Kyiv: State Forestry Committee. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1046-10#Text>] (in Ukrainian)
- Попов, О.Ф. (2008). *Інтенсифікація вирощування садивного матеріалу сосни звичайної на півдні Лівобережного Лісостепу*: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.03.01. Харків, Укр. НДІ ліс. госп-ва та агролісомеліорації ім. Г.М. Висоцького. [Popov, O.F. (2008). *Intensification of growing pine planting material in the south of the Left-Bank Forest-Steppe* (Doctoral dissertation abstract, the G.M. Vysotsky Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration. Kharkiv, Ukraine). Retrieved from <http://www.irbis-nbuv.gov.ua/aref/20090603003341>] (in Ukrainian)
- Румянцев, М.Н., Даниленко, О.М., Тарнопільський, П.Б., Ющик, В.С., Мостепанюк, А.А. (2022). Вплив стимуляторів росту рослин на біометричні показники та масу однорічних сіянців дуба звичайного із закритою кореневою системою в умовах Південно-Східного Лісостепу України. *Науковий вісник НЛТУ України*, 32(1), 13-19 [Rumiantsev, M.N., Danylenko, O.M., Tarnopil'skyi, P.B., Yushchuk, V.S., & Mostepaniuk, A.A. (2022). Influence of plant growth stimulants on biometric indicators and weight of one-year-old seedlings of English oak with a closed root system in the South-Eastern Forest-Steppe of Ukraine. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 32(1), 13-19. <https://doi.org/10.36930/40320102>] (in Ukrainian)
- Савушик, М.П., Хромуляк, О.І., Шлончак, Г.А., Ящук, І.В. (2020). Вплив регуляторів росту рослин на ріст сіянців сосни звичайної в умовах відкритого ґрунту (ДП «Київська ЛНДС»). *Лісівництво і агролісомеліорація*, 136, 78-82 [Savushchuk, M.P., Khromulyak, O.I., Shlonchak, G.A., & Yashchuk, I.V. (2020). Influence of plant growth regulators on growth of Scots Pine seedlings in open ground (In Kyiv Forest Research Station). *Forestry and Forest Melioration*, 136, 78-82. <https://doi.org/10.33220/1026-3365.136.2020.78>] (in Ukrainian)
- Сірик, В.В., Вещицький, В.А., Мокринський, В.М. (2006). Вплив деяких біологічно активних речовин на ріст і розвиток сіянців сосни звичайної. *Науковий вісник НАУ. Сер.: Лісівництво*, 4(5), 1-8 [Siryk, V.V., Veshytskyy, V.A., & Mokrynskyi, V.M. (2006). Influence of some biologically active substances on growth and development of seedlings of Scots pine. *Scientific bulletin of National Agrarian University. Ser.: Forestry*, 4(5), 1-8] (in Ukrainian)
- Тараненко, Ю.М. (2017). *Особливості вирощування садивного матеріалу сосни звичайної насінням з покращеними спадковими властивостями в Лівобережному Лісостепу України*: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.03.01. Харків: УкрНДІЛГА [Taranenko, Yu. M. (2017). *Features of Scots pine planting material growing from seeds with improved hereditary properties in the Left-bank Forest-Steppe of Ukraine* (Doctoral dissertation abstract, the G.M. Vysotsky Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration. Kharkiv, Ukraine). Retrieved from https://uriffm.org.ua/media/dissertation/taranenko_aref.pdf] (in Ukrainian)
- Ayman, E.L., Sabagh, Hossain, A., Islam, M.S., Iqbal, M.A., Amanet, K., Mubeen, M., ... Erman, M. (2021). Prospective Role of Plant Growth Regulators for Tolerance to Abiotic Stresses. In T. Aftab, K.R. Hakeen (Eds.), *Plant Growth Regulators* (pp. 1-38). Singapore: Springer Linc. Retrieved from https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-61153-8_1
- Bhatla, S.C. (2018). Plant growth regulators: An overview. In S.C. Blatha, M.A. Lal (Eds.): *Plant Physiology, Development and Metabolism* (pp. 559-568). Singapore: Springer. Retrieved from https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-13-2023-1_14
- Naeem, M., & Aftab., T. (2021). *Emerging Plant Growth Regulators in Agriculture: Roles in Stress Tolerance*. Publisher Elsevier Science & Technology. Retrieved from <https://www.elsevier.com/books/emerging-plant-growth-regulators-in-agriculture/naeem/978-0-323-91005-7>
- Small, C.C., & Degenhardt, D. (2018). Plant growth regulators for enhancing revegetation success in reclamation: A review. *Ecological Engineering*, 118, 43-51. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2018.04.010>

The influence of growth stimulants on survival and growth of *Pinus sylvestris* in forest plantations of the Slobozhansky Forest Region of Ukraine

S. Raspopina¹, M. Didenko², Yu. Belay³, V. Goroshko⁴, A. Harmash⁵

The effectiveness of plant growth stimulants, proved by numerous scientific studies of recent decades, has contributed to their introduction into the production technology for growing planting material of tree and shrub species in modern greenhouse complexes and forest nurseries of advanced forestry enterprises. At the same time, it should be noted that the use of chemical substances that regulate growth processes is limited almost exclusively to pre-sowing treatment of seeds to increase their germinative capacity and to nourish seedlings in forest nurseries and greenhouses. There are few scientific studies on the use of biological preparations in the process of creating and growing forest crops, and this fact prompted us to focus our research on testing broad-spectrum plant growth stimulants in the creation and cultivation of *Pinus sylvestris* forest plantations in the Forest-steppe zone of Kharkiv region. The effect of foliar treatment with plant growth stimulants “Stimulate”, “Bioforge” and the organic

fertilizer “*Rokohumin*” on the survival and growth of *Pinus sylvestris* plantations, as well as the prolongation of the action of plant growth regulators, was studied on the sandy lands of the State Enterprise “Skrypivske educational and scientific enterprise” in the “factor-effect” system.

- ¹ *Svitlana Raspopina* – Corresponding Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Doctor of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Head of the Department of Forest Plantations, Land Reclamation, Landscape architecture and Park Management. State Biotechnological University, the village of Dokuchaevske-2, Kharkiv region, 62483, Ukraine. Tel.: 0572-99-72-56, +38-068-459-64-23. E-mail: s_raspopina@ukr.net ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1880-9364>
- ² *Maksim Didenko* – PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Forest Plantations, Land Reclamation, Landscape Architecture and Park Management. State University of Biotechnology, the village of Dokuchaevske-2, Kharkiv region, 62483, Ukraine. Tel.: +38-098-233-93-41. E-mail: didenko_maxim@ukr.net ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1880-9364>
- ³ *Yulia Belay* – PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Forest Plantations, Land Reclamation, Landscape Architecture and Park Management. State University of Biotechnology, the village of Dokuchaevske-2, Kharkiv region, 62483, Ukraine. Tel.: +38-050-619-46-46. E-mail: belay_1980@ukr.net ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1446-8168>
- ⁴ *Vitalii Goroshko* – PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Forestry and Hunting. State University of Biotechnology, the village of Dokuchaevske-2, Kharkiv region, 62483, Ukraine. Tel.: +38-099-290-09-67. E-mail: lesovodhnau@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8186-6214>
- ⁵ *Anna Harmash* – Senior Lecturer at the Department of Forest Plantations, Land Reclamation, Landscape Architecture and Park Management. State University of Biotechnology, the village of Dokuchaevske-2, Kharkiv region, 62483, Ukraine. Tel.: +38-066-687-55-09. E-mail: garmash1505@gmail.com ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1874-094X>

The forest plantations were created on April 2, 2019 manually by planting standard seedlings under Kolesov’s planting iron (narrow steel shovel) according to the 2.0 × 0.7 m scheme. The experiment consisted of 9 versions. The preparations were tested for various concentrations of aqueous solutions – three concentrations each for “*Stimulate*” and “*Bioforge*”, two concentrations each for “*Rokohumin*” and the control (without preparations). Continuous spraying of the pine crops with solutions of preparations (solvent – ordinary (non-distilled) water) was carried out with a manual sprayer. It was found that all the preparations used in the experiment generally contributed to better survival and an increase in the main biometric indicators of the experimental crops; also, the growth stimulants showed better results compared to biofertilizer. The maximum effect of the impact is observed in the first year of foliar treatment, and in the future this effect is noticeably reduced. In all variants of 3-year-old plantations, the survival rate was less than the standard indicator (73%), which is probably due to the lack of plantation tending. In general, throughout the entire observation period (2019-2021), consistently high and mathematically confirmed results of the impact on the condition and biometric indicators (height, diameter) of *Pinus sylvestris* plantations were shown by plant growth stimulants “*Stimulate*” and “*Bioforge*” at a concentration of 0.15% and 0.3%. When using these preparations, the average height of 1-year-old plantations exceeded the control one from 4.8 to 48.3%, the diameter – from 53.4 to 61.4%, and of 3-year-old plantations – from 26.2 to 76.4%, and from 13.5 to 39.8%, respectively.

Key words: plantations of 1-3 years of age; *Pinus sylvestris* L.; Kharkiv region; growth bioregulators; survival rate; plant biometrics.



УДК 630*2:630*18

Вирощування однорічних живцевих саджанців тополі в умовах Правобережного Лісостепу

Я. Д. Фучило¹, О. О. Бордусь²

Представлено результати трирічних досліджень укорінення живців і висоти живцевих однорічних саджанців тополі культиварів 'Dorskamp', 'I-45/51', 'Robusta' і тополі Торопогрицького на чорноземах Правобережного Лісостепу України. Однорічні здерев'янілі живці завдовжки 20, 25 і 30 см висаджували восени (листопад) і рано навесні (початок квітня). За осіннього садіння укоріненість живців тополі різних сортів у 2019 р. становила: у 'Dorskamp' – від 77,4 до 96,7%, у 'I-45/51' – від 71,0 до 93,4%, у 'Robusta' – від 87,7 до 96,7% та у тополі Торопогрицького – від 61,7 до 88,3%. Подібні результати було також отримано і в 2020 році. У 2021 р. найвищу укоріненість у сортів 'Dorskamp' і Торопогрицького мали живці завдовжки 30 см – 63,3 і 81,7% відповідно. У сортів 'I-45/51' та 'Robusta' найкраще вкоренилися живці завдовжки 20 см – 65,0 і 73,3% відповідно. За весняного садіння укоріненість різних сортів у 2019 р. становила: у 'Dorskamp' – від 77,4 до 90,3%, у 'I-45/51' – від 64,5 до 93,5%, у 'Robusta' – від 67,7 до 83,9% і в тополі Торопогрицького – від 58,1 до 83,9%. У 2020 р., внаслідок сухої і холодної погоди на початку вегетації, укоріненість живців досліджуваних сортів була низькою (у 'Dorskamp' – від 41,7 до 85,3%, у 'Robusta' – від 12,5 до 20,0%, у 'I-45/51' – від 20,0 до 28,3% і у Торопогрицького – від 35,0 до 48,3%). За осіннього садіння найбільшу висоту мали живцеві саджанці тополі Торопогрицького (у 2019 р. – 196,9±6,18 см, у 2020 р. – 183,9±2,82 см, а у 2021 р. – 217,6±3,70 см). За весняного садіння живців сорту 'Dorskamp' отримано такі результати: у 2019 р. – 204,6 см, у 2020 р. – 176,4 см, а у 2021-му – 228,6 см. Рослини сортів 'I-45/51' і 'Robusta' за весняного садіння мали середню висоту відповідно 122,4-128,3 см і 131,9-149,1 см.

Ключові слова: *Populus L.; 'Dorskamp'; 'I-45/51'; 'Robusta'; тополя Торопогрицького; здерев'янілі живці; укоріненість; висота живцевих саджанців.*

Вступ (Introduction). Однією з основних проблем сучасності є швидкі темпи збільшення обсягів використання енергетичних ресурсів на тлі виснаження покладів викопних енергоносіїв і різних екологічних негараздів, що вимагає пошуку нових, альтернативних і легковідновних шляхів отримання енергії. Перспективним з цього погляду може бути використання, як джерела енергії, біомаси швидкозростаючих деревних рослин (Keoleian, & Volk, 2005; Aylott et al., 2008; Фучило та ін., 2009; Broeckx, Verlinden, & Ceulemans, 2012; Фучило,

Літвін, Сбитна, 2012; Dieter, 2016). Щорічно використання, як джерела енергії, деревної маси інтенсивно зростає і передбачається, що до 2030 р. зросте на 500 млн м³ (Dieter, 2016).

Серед деревних рослин помірного клімату найвищою продуктивністю біомаси відзначається тополя, тому її штучне вирощування в Європі відоме ще з початку 1600-х років (Stoffel, 2008). У кращих її насадженнях можна отримати у рік до 20-25 т/га сухої біомаси (Фучило та ін., 2009; Aylott et al., 2008; Keoleian, & Volk, 2005; Mann, 2012; Spinelli,

¹ Фучило Ярослав Дмитрович – академік Лісівничої академії наук України, доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувач кафедри лісівництва та захисту лісу Малинського фахового коледжу, 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 Бордусь Олексій Олексійович – аспірант Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України, вул. Клінічна, 25, м. Київ, 03141, Україна. Тел.: +38-093-136-03-43. E-mail: bordusoleksii@gmail.com ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2992-6651>

Natti, & Magagnotti, 2008) і на сьогодні вона визнає на культурою, значний потенціал якої застосовують не лише в озелененні, фітомеліорації та лісовому господарстві, а й для отримання сировини з метою виробництва різних видів енергії (Mann, 2012; Фучило та ін., 2012; Дебринюк, Фучило, 2020). Особливою ефективністю відзначаються міжвидові гібриди чорних і бальзамічних тополь, в яких проявився гетерозисний ефект за інтенсивністю нагромадження біомаси та виробилось пристосування до тих чи інших лісорослинних умов (Stoffel, 2008; Фучило та ін., 2009).

Одним із основних варіантів отримання енергетичної біомаси деревних рослин є їх вирощування на спеціальних енергетичних плантаціях, де на сьогодні, частіше за інші деревні рослини, використовують вербу. Тополя росте у подібних з вербою едафічних умовах і її плантації вирощують з використанням подібної агротехніки (Spinelli, 2007; Volk et al., 2018). Проте, незважаючи на філогенетичну близькість цих родів рослин, існують певні відмінності у технологічних схемах вирощування їх енергетичних плантацій. Ситуація зумовлена тим, що верби досягають максимуму середньорічного приросту деревини у віці 3-5 років, а тополі – у 4-10 років (Keoleian, & Volk, 2005; Volk et al., 2018).

В Італії, де культивування тополі має давні традиції, прийнято вирощувати енергетичну біомасу деревної рослини в режимах: дуже короткої ротації (щорічна заготівля); з короткою ротацією (заготівля біомаси кожні 2-3 роки) та середньо-ротаційні плантації з періодичністю заготівлі біомаси 5-6 років (Spinelli, 2007). При цьому італійські дослідники зазначають, що в країні простежується тенденція до переходу з короткоротаційних схем до середньоротаційних, важливою перевагою яких є можливість їх створення на ділянках з помірним нахилом, де складно застосовувати традиційні сільськогосподарські машини і механізми, але є можливість використання лісозаготівельної техніки (Spinelli, 2007), підвищити концентрацію біомаси під час її заготівлі, що дає змогу зменшити собівартість отриманої біомаси (Spinelli, Natti, & Magagnotti, 2008, 2009).

Під час створення середньо-ротаційних плантацій, для пришвидшення їх росту і скорочення термінів вирощування енергетичної біомаси доцільно використовувати великомірний садивний матеріал, зокрема – живцеві саджанці (Spinelli et al., 2008).

Мета досліджень полягала у вивченні особливостей вирощування однорічних живцевих саджанців тополі в умовах чотирьох культиварів із секції чорних тополь в умовах Правобережного Лісостепу.

Об'єкти та методика досліджень (Objects and methods). Дослідження особливостей вирощування однорічних живцевих саджанців тополі проводили впродовж 2018-2021 рр. у ДП ДГ «Саливківське» (с. Ксаверівка Друга Білоцерківського р-ну Київської обл.). Були використані здерев'янілі живці чотирьох культиварів: 'Dorskamp', 'I-45/51', 'Robusta' і тополя Торопогрицького. Живці нарі-

зали секаторами з однорічних пагонів безпосередньо перед садінням. Зрізи виконували перпендикулярно до осі пагонів за трьома варіантами довжини: 20, 25 і 30 см. Висаджування живців здійснювали наприкінці листопада 2018-2020 рр. та у другій декаді квітня 2019-2021 рр. за схемою 125 × 50 см. Грунт дослідної ділянки – вилугуваний чорнозем. Здійснювали суцільний обробіток ґрунту на глибину 25 см.

Упродовж кожного вегетаційного періоду в насадженнях проводили по чотири ручних догляди за ґрунтом шляхом його розпушування та видалення бур'янів. Восени, після припинення росту живцевих саджанців, встановлювали частку укоріненості живців та середню висоту живцевих саджанців за загальноприйнятими у рослинництві та лісівництві методиками (Фучило та ін., 2012, 2018).

Результати (Results). Після завершення вегетаційного періоду 2019 р., живці усіх досліджуваних сортів за обох термінів їх садіння виявили високі показники укорінення (табл. 1).

Таблиця 1. Укоріненість живців тополі різної довжини за осіннього садіння, %

Table 1. Rooting of poplar cuttings of different lengths during autumn planting, %

Сорт	Довжина живців, см		
	20	25	30
2019 р.			
'Dorskamp'	77,4±5,35	90,3±5,40	96,7±2,30
'I-45/51'	71,0±8,29	87,1±6,12	93,4±3,20
'Robusta'	87,1±6,12	90,3±5,40	96,7±2,30
Торопогрицького	61,7±6,33	83,9±6,72	88,3±4,18
2020 р.			
'Dorskamp'	43,3±6,45	83,3±4,85	76,7±5,51
'I-45/51'	53,3±6,49	71,7±5,87	71,7±5,87
'Robusta'	35,0±6,21	68,3±6,06	73,3±5,76
Торопогрицького	55,0±6,48	88,3±4,18	88,3±4,18
2021 р.			
'Dorskamp'	46,7±6,50	36,7±6,27	63,3±6,27
'I-45/51'	65,0±6,21	40,0±6,38	45,0±6,42
'Robusta'	73,3±5,76	28,3±5,87	26,7±5,76
Торопогрицького	41,7±6,42	61,7±6,33	81,7±5,04
В середньому за три роки			
'Dorskamp'	55,8	70,1	78,9
'I-45/51'	63,1	66,3	70,0
'Robusta'	65,1	62,3	65,6
Торопогрицького	52,8	78,0	86,1

Отже, за результатами досліджень, укоріненість живців сезону вегетації 2019 р. за осіннього садіння зростала із збільшенням довжини живців і мала найвищі показники у сортів ‘Dorskamp’ і ‘Robusta’ – 96,7±2,30%. Дещо меншою частка укорінення виявилась у живців сорту ‘I-45/51’ – 93,4±3,20%. У тополі Торопогрицького цей показник становив 88,3±4,18%.

У 2020 р. показники укорінення виявились загально меншими, ніж попереднього року, особливо за використання найкоротших живців – від 35,0±6,21% у сорту ‘Robusta’ до 55,0±6,48% у тополі Торопогрицького. Останній сорт виявив максимальні показники укорінення (88,3±4,18%) порівняно з іншими сортами і варіантами довжини живців. Особливістю вегетаційного періоду 2020 р. є відсутність значної переваги за укоріненістю живців завдовжки 30 см перед живцями завдовжки 25 см.

Веgetаційний період 2021 р. на загаль був ще менше сприятливим для укорінення висаджених восени 2020 р. живців тополі, порівняно з попереднім. Найвища частка живців, що прижилися, виявлена у тополі Торопогрицького (81,7±5,04%) і мала довжину 30 см. У сортів ‘I-45/51’ та ‘Robusta’ найкраще укоренилися найкоротші живці – 65,0±6,21 та 73,3±5,76% відповідно. Загалом за три роки з’ясувалось, що за осіннього садіння живці сорту ‘Robusta’ приблизно однаково укорінюються за всіх трьох використаних варіантів довжини. Укоріненість живці решти сортів зростає зі збільшенням їхньої довжини.

За весняного садіння залежність приживлюваності живців від їхніх розмірів практично не проявилася (табл. 2).

У 2019 р. приживлюваність живців сорту ‘Dorskamp’ становила від 77,4 до 90,3%, у ‘I-45/51’ – від 64,5 до 93,5%, у ‘Robusta’ – від 67,7 до 83,9% і в тополі Торопогрицького – від 58,1 до 83,9%. При цьому, у сортів ‘I-45/51’ та ‘Robusta’ вищі показники укоріненості мали живці завдовжки 25 см.

Несприятливі погодні умови 2020 р. (холодна і суха весна) негативно вплинули на приживлюваність живців весняного садіння. У сорту ‘Dorskamp’ вона становила від 41,7 до 85,3%, у ‘I-45/51’ – від 20,0 до 28,3%, у ‘Robusta’ – від 12,5 до 20,0%, і в тополі Торопогрицького – від 35,0 до 48,3%. При цьому пряма залежність приживлюваності живців від їхніх розмірів простежена лише у тополі Торопогрицького. У сортів ‘I-45/51’ та ‘Robusta’ найкраще прижилися живці завдовжки 25 см, а в сорту ‘Dorskamp’ – найкоротші (20 см) живці, укоріненість яких становила 85,0±4,65%.

У 2021 р. (за винятком тополі Торопогрицького) найвищі показники укоріненості живців весняного садіння мали живці найменших розмірів: у сорту ‘Dorskamp’ – 86,7%, у ‘I-45/51’ – 70,0%, у сорту ‘Robusta’ – 85,0%. Живці цих трьох сортів (завдовжки 20 см) також мали перевагу за часткою укорінення і в середньому за три роки. Щодо тополі Торопогрицького, то у неї, впродовж періоду досліджень та обох термінів садіння, найвища укоріненість зафіксована у живців завдовжки 30 см.

Таблиця 2. Укоріненість живців тополі різної довжини за весняного садіння, %

Table 2. Rooting of poplar cuttings of different lengths during spring planting, %

Сорт	Довжина живців, см		
	20	25	30
2019 р.			
‘Dorskamp’	83,9±6,71	77,4±7,63	90,3±5,40
‘I-45/51’	77,4±7,63	93,5±4,48	64,5±8,74
‘Robusta’	80,6±7,21	83,9±6,72	67,7±8,53
Торопогрицького	74,2±7,99	58,1±9,01	83,9±6,72
2020 р.			
‘Dorskamp’	85,0±4,65	65,0±6,21	41,7±6,42
‘I-45/51’	23,3±5,51	28,3±5,87	20,0±5,21
‘Robusta’	20,0±5,21	21,7±5,36	12,5±4,46
Торопогрицького	35,0±6,21	38,3±6,33	48,3±6,51
2021 р.			
‘Dorskamp’	86,7±4,43	65,0±6,21	70,0±5,97
‘I-45/51’	70,0±5,97	36,7±6,27	36,7±6,27
‘Robusta’	85,0±4,65	53,3±6,49	75,0±5,64
Торопогрицького	33,3±6,14	23,3±5,51	50,0±6,51
В середньому за три роки			
‘Dorskamp’	85,2	69,1	67,3
‘I-45/51’	56,9	52,8	40,4
‘Robusta’	61,9	53,0	51,7
Торопогрицького	47,5	39,9	60,7

Аналіз показників середньої висоти однорічних живцевих саджанців, що виростили з укорінених живців показав, що між укоріненістю і висотою живців (у більшості випадків) простежується пряма залежність – за вищих показників укорінення живців спостережено більшу середню висоту рослин.

За осіннього садіння живців найбільші показники висоти живцевих саджанців виявлено у тополі Торопогрицького (табл. 3). У 2019 р. середня висота саджанців цього сорту збільшувалася паралельно зі збільшенням довжини живців – від 179,7±2,71 до 196,9±6,18 см. У 2020 р. вона була найбільшою за використання живців завдовжки 20 см (183,9±2,82 см), а в 2022 р. – поступово зростала від 171,6±7,50 до 217,6±3,70 см. В середньому за трирічний період висота живцевих саджанців тополі Торопогрицького також суттєво перевищувала показники решти досліджуваних сортів і становила за використання живців завдовжки 20 см 178,4 см, 25 см – 188,7 см і 30 см – 197,0 см.

Таблиця 3. Середня висота однорічних саджанців тополі за різної довжини живців, см (осіннє садіння)

Table 3. The average height of one-year-old poplar saplings with different lengths of cuttings, cm (autumn planting)

Сорт	Довжина живців, см		
	20	25	30
2019 р.			
‘Dorskamp’	156,3±6,79	183,5±7,77	196,5±6,71
‘I-45/51’	165,5±5,75	149,0±6,55	140,2±7,14
‘Robusta’	176,4±4,62	178,4±5,22	180,8±7,80
Торопогрицького	179,7±2,71	188,9±7,87	196,9±6,18
2020 р.			
‘Dorskamp’	157,0±10,26	161,6±5,69	154,1±4,37
‘I-45/51’	142,8±5,07	146,0±4,73	145,8±4,37
‘Robusta’	117,6±8,22	143,9±5,06	150,9±3,57
Торопогрицького	183,9±2,82	177,6±7,80	176,4±6,05
2021 р.			
‘Dorskamp’	161,4±9,15	164,0±11,13	160,4±7,28
‘I-45/51’	153,1±6,05	140,5±6,15	154,3±8,54
‘Robusta’	191,4±5,97	122,1±9,40	137,1±7,51
Торопогрицького	171,6±7,50	199,5±4,70	217,6±3,70
В середньому за три роки			
‘Dorskamp’	158,2	169,7	170,3
‘I-45/51’	153,8	145,2	146,8
‘Robusta’	161,8	148,1	156,2
Торопогрицького	178,4	188,7	197,0

Зважаючи на те, що у цього ж сорту за осіннього садіння були також високі показники укоріненості живців, можна зробити висновок про доцільність висаджування його живців завдовжки 30 см восени.

Осіннє садіння також виявило позитивний вплив на висоту живцевих саджанців сорту ‘Dorskamp’. У середньому за три роки середня висота його рослин зростала зі збільшенням довжини живців від 158,2 до 170,3 см.

За осіннього садіння однорічні живцеві саджанці сортів ‘I-45/51’ та ‘Robusta’ мали максимальні показники висоти за використання найкоротших живців, і в середньому за три роки становили 153,8 і 161,8 см.

За весняного садіння найбільші розміри, за трирічний термін досліджень, мали живцеві саджанці сорту ‘Dorskamp’ (табл. 4). За використання живців завдовжки 20 см їхня середня висота становила

197,9 см, за довжини 25 см – 193,8 см, а за довжини 30 см – 188,4 см.

Також у цього ж сорту навесні укоренилася найбільша кількість живців (див. табл. 2), з чого можна зробити висновок про доцільність висаджування живців сорту ‘Dorskamp’ навесні. При цьому доцільно використовувати живці завдовжки 20 см, оскільки найвищі показники укоріненості і висоти однорічних саджанців було отримано саме за використання таких живців.

Таблиця 4. Середня висота однорічних саджанців тополі за різної довжини живців, см (весняне садіння)

Table 4. The average height of one-year-old poplar saplings with different lengths of cuttings, cm (spring planting)

Сорт	Довжина живців, см		
	20	25	30
2019 р.			
‘Dorskamp’	188,8±9,45	202,7±11,54	204,6±8,93
‘I-45/51’	151,6±5,00	137,9±6,23	142,6±10,36
‘Robusta’	138,7±8,89	152,9±7,71	158,3±7,48
Торопогрицького	223,8±8,50	157,3±12,20	197,8±9,83
2020 р.			
‘Dorskamp’	176,4±7,50	167,4±5,18	165,6±10,00
‘I-45/51’	87,1±0,87	104,7±5,50	92,5±8,54
‘Robusta’	100,8±9,08	98,5±9,53	94,3±8,41
Торопогрицького	106,2±10,88	134,8±11,83	150,0±7,12
2021 р.			
‘Dorskamp’	228,6±4,03	211,4±6,81	195,0±7,46
‘I-45/51’	146,3±3,90	140,0±5,48	132,2±9,08
‘Robusta’	207,9±6,65	144,4±4,18	143,0±4,75
Торопогрицького	133,9±8,18	161,4±9,21	172,6±6,16
В середньому за три роки			
‘Dorskamp’	197,9	193,8	188,4
‘I-45/51’	128,3	127,5	122,4
‘Robusta’	149,1	131,9	131,9
Торопогрицького	154,6	151,2	173,5

Сорти ‘I-45/51’ та ‘Robusta’, як уже зазначалось, відзначалися вищими показниками укорінення живців за осіннього садіння. У них також виявилися більшими показники висоти саджанців, що виростили з живців, висаджених восени. При цьому, як і в сорту ‘Dorskamp’, найбільшу висоту за обох варіантів садіння мали рослини, що виростили з найкоротших (20-сантиметрових) живців.

Щодо тополі Торопогрицького, то за весняного садіння її однорічні живцеві саджанці переважають за висотою рослини сортів 'I-45/51' та 'Robusta', але поступаються за цим показником рослинам сорту 'Dorskamp'. Найвищими виявилися саджанці, які виростили з живців завдовжки 30 см (їхня висота в середньому впродовж трьох років досліджень становила 173,5 см), що підтверджує доцільність їх використання під час створення насаджень тополі Торопогрицького.

Дискусія (Discussion). Здійснені дослідження дали змогу удосконалити технологію вирощування однорічних живцевих саджанців в умовах Правобережного Лісостепу України. За результатами досліджень, на вилугуваних чорноземах укоріненість живців і ріст живцевих саджанців суттєво залежать від сортових особливостей, тому ефективність вирощування садивного матеріалу та насаджень тополі різного призначення залежать від вибору певного, найбільш придатного для умов вирощування сорту, на що вказують також дослідження низки інших вчених (Broeckx et al., 2012; Spinelli et al., 2009; Zalesny, & Wiese, 2006). З чотирьох досліджуваних сортів тут доцільно використовувати, насамперед, тополю Торопогрицького і 'Dorskamp'. При цьому першу з них найкраще висаджувати восени живцями завдовжки 30 см, а другу – навесні з використанням 20-сантиметрових живців. Таку ж довжину живців доцільно застосовувати за осіннього садіння сортів 'I-45/51' та 'Robusta'.

Позитивні результати укорінення живців завдовжки 20 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, Hall, Bauer, & Riemenschneider, 2006; Zalesny, & Wiese, 2006; Broeckx et al., 2012), які також вказують на доцільність використання живців тополі завдовжки 20 см.

З іншого боку, в несприятливих ґрунтових умовах можуть використовуватися значно більші, 60-сантиметрові живці (Zalesny et al., 2005), а в регульованих умовах теплиці, навпаки – живці завдовжки всього 5-10 см (Desrochers, & Thomas, 2003).

Наші дослідження щодо термінів садіння вказують на можливість отримання позитивних результатів укорінення живців тополі та росту однорічних живцевих саджанців, які з них виростили, як за весняного, так і за осіннього садіння, що підтверджуються також дослідженнями інших авторів (Mann, 2012; Volk et al., 2018). Нами встановлено, що одним із важливих чинників, що впливають на цей процес, є сортові особливості.

Загалом варто відзначити суттєві відмінності у показниках укоріненості і середньої висоти рослин за роками, термінами садіння, розмірами живців і сортовими особливостями. Особливо варто відзначити певний спад укоріненості живців і середньої висоти однорічних саджанців у 2020 р., що

вказує на суттєвий вплив погодних умов на рослини досліджуваної культури. Основною причиною, яка негативно вплинула на показники укоріненості і росту рослин досліджуваних сортів, була суха і холодна погода впродовж першої половини весняного періоду, коли наклалася дія двох негативних чинників – недостатня кількість опадів і недостатня для початку росту температура навколишнього середовища.

Висновки (Conclusions). Трирічні дослідження особливостей вирощування однорічних живцевих саджанців тополі на вилугуваних чорноземах Правобережного Лісостепу показали, що за осіннього садіння укоріненість живців досліджуваних клонів тополі зростає зі збільшенням їхньої довжини. Вона, у середньому за три роки, становила: у сорту 'Dorskamp' – від 55,8 до 78,9%, в 'I-45/51' – від 53,1 до 70,6%, у 'Robusta' – від 62,3 до 65,1% і в тополі Торопогрицького – від 52,8 до 86,1%. При цьому, за винятком сорту 'Robusta', спостережено зростання показників укорінення зі збільшенням довжини живців.

За весняного садіння залежність укоріненості живців від їхніх розмірів практично не проявляється. В середньому за три роки приживлюваність садивного матеріалу становила: у сорту 'Dorskamp' – від 67,3 до 85,2%, в 'I-45/51' – від 40,4 до 56,9%, у 'Robusta' – від 51,7 до 61,9% і в тополі Торопогрицького – від 39,9 до 60,7%.

За осіннього садіння живців найбільші показники висоти живцевих саджанців спостережено у тополі Торопогрицького. В середньому за три роки висота живцевих саджанців тополі Торопогрицького суттєво перевищувала показники решти досліджуваних сортів і становила за використання 20-сантиметрових живців 178,4 см, 25 см – 188,7 см і 30 см – 197,0 см. При цьому середня висота рослин сорту 'Dorskamp' становила від 158,2 до 170,3 см, в 'I-45/51' – від 145,2 до 153,8 см і в 'Robusta' – від 148,1 до 161,8 см.

За весняного садіння найбільші розміри в середньому за три роки досліджень мали живцеві саджанці сорту 'Dorskamp' – від 193,8 до 197,9 см. Середня висота рослин тополі Торопогрицького становила від 151,2 до 173,5 см, сорту 'I-45/51' – від 122,4 до 128,3 см і сорту 'Robusta' – від 131,9 до 149,1 см. При цьому максимальні показники висоти у сортів 'I-45/51' і 'Robusta' мали рослини з найкоротших живців.

Досліджувані сорти по різному реагують як на ґрунтово-кліматичні умови, так і на окремі агро-технічні заходи (розміри живців, сезон їх садіння тощо). З чотирьох досліджуваних сортів на вилугуваних чорноземах, насамперед, доцільно використовувати тополю Торопогрицького і 'Dorskamp'. При цьому першу з них потрібно висаджувати восени живцями завдовжки 30 см, а другу – навесні з використанням живців завдовжки 20 см. Живці сортів 'I-45/51' та 'Robusta' найкраще висаджувати восени. Оптимальна їхня довжина – 20 см.

Список літератури (References)

- Дебринюк, Ю. М., Фучило, Я. Д. (2020). *Плантаційні лісові насадження в Україні: концептуальні засади, ресурсний потенціал та енергетичне використання*. Львів: Галицька видавнича спілка [Debryniuk, Yu. M., & Fuchylo, Ya. D. (2020). *Plantation forests in Ukraine: conceptual foundations, resource potential and energy use*. Lviv: Galicia Publishing Union] (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: Компринт [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)
- 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., 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)
- 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 Phytol*, 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 bioenergy plantation with fast-growing *Populus* trees in Flanders (Belgium): effects of genotype and former land use. *Biomass Bioenergy*, 42, 151-163. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2012.03.005>
- Desrochers, A., & Thomas, B. R. (2003). A comparison of pre-planting treatments on hardwood cuttings of four hybrid poplar clones. *New forests*, 26(1), 17-32. <https://doi.org/10.1023/A:1024492103150>
- 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. 19 p. URL: <https://www.fao.org/forestry/45092-0fcd1e7430938785c3e-2c0a0a03329a88.pdf>
- 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(5-6), 385-406. <https://doi.org/10.1080/07352680500316334>
- Mann, J. (2012.). *Comparison of Yield, Calorific Value and Ash Content in Woody and Herbaceous Biomass used for Bioenergy Production in Southern Ontario, Canada*. (Doctoral dissertation, University of Guelph, Ontario, Canada). Retrieved from <https://atrium.lib.uoguelph.ca/xmlui/bitstream/handle/10214/3959/Mann%20Thesis%20Defense%20Revised%202.pdf?sequence=1>
- Spinelli, R. (2007). Short rotation coppice production in Italy. *Bornimer Agrartechnische Berichte, Heft 61*, 158-167. Potsdam-Bornim, Germany
- 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://hrcak.srce.hr/file/51188>
- 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. Retrieved from 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. S., Bauer, E. O., Hall, R. B., Zalesny, J. A., Kunzman, J., Rog, C. J. & Riemenschneider, D. E. (2005). Clonal variation in survival and growth of hybrid poplar and willow in an in situ trial on soils heavily contaminated with petroleum hydrocarbons. *International Journal of Phytoremediation*, 7, 177-197. <https://doi.org/10.1080/16226510500214632>
- 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>

Growing of one-year-old Poplar seedlings in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe

Ya. D. Fuchylo¹, O. O. Bordus²

The article presents the results of three-year studies on the rooting of cuttings and the height of one-year cuttings of poplar cultivars ‘Dorskamp’, ‘I-45/51’, ‘Robusta’ and Toropogrytskyi poplar on the chernozems of the Right Bank Forest-Steppe of Ukraine. One-year lignified cuttings 20, 25, and 30 cm long were used, which were planted in autumn (November) and early spring (beginning of April). It was found that during autumn planting, the rooting of the cuttings of the investigated poplar clones in 2019 increased with an increase in the length of the cuttings. Namely, in the variety ‘Dorskamp’ – from 77.4 to 96.7%, in ‘I-45/51’ – from 71.0 to 93.4%, in ‘Robusta’ – from 87.7 to 96.7% and in Toropogrytsky poplar – from 61.7 to 88.3%. A similar trend was observed in 2020 as well, but in most cases the rooting rates of 25- and 30-cm-long cuttings significantly leveled off. In 2021, cuttings 30 cm long had the highest rates of rooting in the ‘Dorskamp’ and Toropogrytsky varieties – 63.3 and 81.7%, respectively. In varieties ‘I-45/51’ and ‘Robusta’, 20 cm long cuttings took root the best – 65.0 and 73.3%, respectively. During spring planting, the dependence of rooting of cuttings on their size is practically not manifested. In 2019, this indicator was in the ‘Dorskamp’ variety – from 77.4 to 90.3%, in ‘I-45/51’ – from 64.5 to 93.5%, in ‘Robusta’ – from 67.7 up to 83.9%, and in Toropogrytsky poplar – from 58.1 to 83.9%. In 2020, due to dry and cold weather conditions at the beginning of the growing season,

low rooting rate of cuttings was noted in most of the studied varieties. It was in the variety ‘Dorskamp’ – from 41.7 to 85.3%, in ‘Robusta’ – from 12.5 to 20.0%, in ‘I-45/51’ – from 20.0 to 28.3%, and in Toropogrytsky poplar – from 35.0 to 48.3%. At the same time, a tendency to higher rooting rate of cuttings 25 cm long was observed. The studies have shown that there is a direct relationship between the rooting of cuttings and the height of the cutting seedlings grown from them. With higher rooting rates of cuttings, a higher average height of plants is observed. During the autumn planting of cuttings, the highest height indicators of cuttings were obtained in Toropogrytskyi poplar. In 2019, the average height of seedlings of this variety increased in parallel with the growth of cuttings length from 179.7±2.71 to 196.9±6.18 cm. In 2020, the highest height was obtained using cuttings 20 cm long (183.9±2, 82 cm), and in 2021 it gradually increased with an increase in the length of the cuttings from 171.6±7.50 to 217.6±3.70 cm. On average, over 3 years, the height of Toropogrytskyi poplar cuttings also significantly exceeded the indicators of the rest of the studied varieties and was as follows: when using 20 cm long cuttings – 178.4 cm, 25 cm long ones – 188.7 cm, and 30 cm long cuttings – 197.0 cm. Taking into account the fact that this variety also had high rooting rates of cuttings during autumn planting, it is possible to make conclusion about the expediency of planting its cuttings in autumn, using cuttings 30 cm long. During the spring planting, cutting seedlings of the ‘Dorskamp’ variety had the largest sizes. In 2019, their average height was from 188.8 to 204.6 cm, in 2020 – from 165.6 to 176.4 cm, and in 2021 – from 195.0 to 228.6 cm. Also in this option, the largest number of cuttings took root. From this, we can conclude about the expediency of planting cuttings of the ‘Dorskamp’ variety in the spring. Their optimal size is 20 cm. During the three years of research, one-year seedlings of the varieties ‘I-45/51’ and ‘Robusta’ were characterized by the lowest average height of one-year cutting seedlings. During the spring planting of cuttings, the average height of plants of the ‘I-45/51’ variety ranged from 122.4 to 128.3 cm, and the variety of ‘Robusta’ ranged from 131.9 to 149.1 cm. At the same time, plants grown from the shortest cuttings had the maximum height indicators.

Key words: *Populus L.*; ‘Dorskamp’; ‘I-45/51’; ‘Robusta’; Toropogrytsky poplar; lignified cuttings; rooting; height of cutting seedlings.

¹ Yaroslav D. 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 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/0000-0002-2669-5176>

² Oleksiy O. Bordus – post-graduate student of the Institute of Bioenergy Cultures and Sugar Beet of the National Academy of Sciences of Ukraine, 25 Clinical st., Kyiv, 03141, Ukraine. Tel.: +38-093-136-03-43. E-mail: bordusoleksii@gmail.com ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2992-6651>

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/10.15421/412212>
Article received 2022.07.21
Article accepted 2022.12.29

ISSN 1991-606X print
ISSN 2616-5015 online
@ ✉ Correspondence author
Volodymyr P. Pasternak
pasternak65@ukr.net
86 Pushkinska st., Kharkiv, 61024, Ukraine

УДК 630.5:674.031.623.234.2

Dynamics of dimensional structure and merchantability of aspen stands in the Slobozhansky forest typological district

V. P. Pasternak¹, O. A. Girs², V. O. Sklyarov³

*The paper provides an analysis of *Populus tremula* L. stands distribution by types of forest site conditions in the forest fund of the study region, mensurational indicators of stands of this species were determined and the dimensional structure of aspen stands was considered. The article also analyzes the distribution of the trees by diameter. As a result of correlation analysis, a close relationship was established between indicators such as average age (A), average diameter (D), average height (H). The corresponding correlation coefficients range from 0.76 to 0.95. No significant relationships were found for relative density of stocking (P). Models of diameter variability, the ratio of variability of the merchantable part to the total variability of the stand diameter are calculated, taking into account the minimum and maximum diameters of modal stands. The diameter distribution of trees is characterized mainly by a blunt-top curve with right-handed asymmetry. The average values of the skewness of the distributions are 0.553; kurtosis – -1,286. Calculations of diameter distribution models of aspen trunks have shown that the β -distribution is optimal for this object of study. The relationship between the share of merchantable trunks and the age of modal aspen stands has been established.*

Tables of merchantable structure dynamics of modal coppice aspen stands are drawn up taking into account the distribution of volumes of merchantable trunks by diameter classes and subclasses of round timber. According to the developed standards of marketability dynamics, the yield of commercial timber is lower (on average by 5%) in the case of its assessing not by diameter at top but by mid-diameter, and the greatest impact is observed at the younger age of stands (30-40 years). The standards of trees distribution by diameters and dynamics of merchantable structure of modal aspen stands taking into account distribution of commercial wood by diameter classes allow increasing accuracy of parameters assessment of aspen stands in the Slobozhansky forest typological district.

Key words: *Populus tremula* L.; modal stands; diameter distribution; diameter classes.

¹ Volodymyr P. Pasternak – Full Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Doctor habil. (Agricultural Sciences), professor, the G. M. Vysotsky Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration, 86 Pushkinska st., Kharkiv, 61024, Ukraine. Tel.: +38-057-707-80-44. E-mail: pasternak65@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1346-1968>

² Olexandr A. Girs – Full Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Doctor habil. (Agricultural Sciences), professor, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 15 Heroiv Oborony st., Kyiv, 03041, Ukraine. E-mail: aagirs@nubip.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7633-8855>

³ Vitaliy O. Sklyarov – deputy director State Enterprise “Zmiyv Forest Economy”, 7 Soborna st., Zmiyv, 63404, Ukraine. Тел.: +38-05747-3-22-24. E-mail: zmlis@ukr.net

Introduction. Forests play an important role in maintaining natural ecological balance and providing recreational opportunities, therefore, the problem of forestry development is gradually becoming a priority in Ukraine’s national economy. Nowadays, it is important to develop appropriate regulatory and information materials for assessing and predicting the growth of major forest-forming species, taking into account zonal characteristics. Aspen (*Populus tremula* L.) is one of the most common softwooded broadleaved species in the Left Bank Forest-Steppe of Ukraine (Висоцька, Кобець, 2019).

The features of stand structure are the theoretical basis for constructing forest mensurational standards, in particular tables of merchantable structure and dynamics of marketability. Therefore, the development of standards for coppice aspen stands, taking into account regional characteristics, is an important step for their balanced management.

The structure of the growing stock and productivity of aspen stands was studied in different forest site conditions (Kweon & Comeau, 2019; Usoltsev, Shobairi, & Chasovskikh, 2018; Rogers et al., 2020; Niemczyk et al., 2019).

In particular, the features of the structure of aspen stands were studied in works (Гірс, 2011; Поляков, 1967), standards for bioproductivity of aspen stands in Polissya (Білоус, 2016) and regional tables for the growth parameters of modal stands in the Forest-Steppe were developed (Ткач, Висоцька, Кобець, 2019).

During the study of the diameter distribution in aspen stands in Ukrainian Polissya, A. Polyakov used the equation of the generalized normal distribution curve and found that the coefficient of variability of the distribution series is 22.4%, skewness – +0.40, kurtosis – -0.04 (Поляков, 1967).

Our previous studies (Склярів, Пастернак, 2018) found that the nature of the diameter distribution of trees in aspen stands is heterogeneous, the average coefficient of variability is 25.3%, and it decreases with increasing age and diameter.

M.V. Davidov compiled yield tables for aspen stands with the highest relative stocking density (Давидов, 1969). The disadvantage of these tables is that they have been developed for a large area and do not take into account the regional features of the formation of stands and new standards for wood.

The purpose of the study – is to reveal the patterns of the structure of aspen stands; to develop mathematical

models of these relations and on their basis to draw up the corresponding tables for dynamics of merchantable structure of aspen stands by diameter classes.

The object of research is the aspen stands in the Slobozhansky forest typological district. *The subject* is the formation of the coppice aspen stands structure in the Slobozhansky forest typological district.

Material and methods. According to forest typological zoning, the territory of the study region belongs to the Slobozhansky district (Prydonetsky and Vorsklo-Pselsky sectors) of the forest typological region of fresh moderately warm climate (2d) (Осрапенко, Ткач, 2002); by forest zoning, it occupies most of the Left Bank-Dnieper and East European Forest-Steppe districts (Генсірук, 2002).

For a detailed study of the dimensional and merchantable structure, 15 sample plots were established in the coppice aspen stands. In addition, 10 tallies of pre-cutting assessments for final felling were used. The establishment of the sample plots and determination of forestry indicators was carried out according to the methods generally accepted in forest mensuration (Пробні площі лісовпорядні..., 2006).

The analysis of the data of the sample plots according to the main forestry indicators confirms that the stands selected for the study in terms of composition, productivity, the relative density of stocking, and forest types meet the most common conditions of aspen stand formation in the Left Bank Forest-Steppe of Ukraine.

In order to recognize the patterns of distribution of forestry indicators of aspen stands, their statistical analysis was carried out. Processing of experimental data in order to obtain information about the parameters of the distribution series by diameter was performed using applications (MS Excel, STRUK, BUDOVA). The main characteristics – mean value (X), standard deviation (σ), skewness (*As*), kurtosis (*Es*), minimum (min), and maximum (max) values for the studied aspen stands are given in Table 1.

An analysis of statistical parameters shows that skewness and kurtosis for age (A), average height (H), basal area (G), and relative density of stocking (P) do not exceed the allowable values (*As* <1.0; *Es* <1.2). Left-sided asymmetry was determined for most parameters (except relative density of stocking). The distribution of mean values of age, diameter, and height at the sample plots is characterized by a blunt-top curve, other indicators are sharp-topped.

Table 1. Statistical characteristics of forest stands at sample plots

Indicator	X	σ	As	Es	min	max
Age (A), years	49	15	-0.300	-0.316	22	76
Diameter (D), cm	23.2	5.1	-1.287	-0.273	15.6	30.5
Height (H), m	21.4	3.7	-0.985	-0.460	15.0	26.4
G, m ² ·ha ⁻¹	27.7	4.0	0.291	-0.378	18.4	35.6
Density of stocking, P	0.73	0.08	0.227	0.138	0.55	0.91

Results and discussion. According to the forest fund database as of January 1, 2017, the aspen forests in the study region cover an area of more than 10 thousand hectares. Most (95%) of the aspen stands are of vegetative origin and 5% are of seed origin. In the study area, the aspen stands are characterized by high productivity. Thus, stands of site class I occupy more than 42% of the total area of the aspen stands, site class II – 27%, site class I^a – 22%.

The aspen stands are confined to fertile forest site conditions. More than 56% of the aspen stands grow in fresh fertile forest site conditions, almost 19% – in wet fertile forest site conditions. The proportion of the area in fresh (C₂) and wet (C₃) relatively fertile forest site conditions are 10 and 11%, respectively. In other types of forest site conditions, the proportion of aspens is insignificant.

In the Slobzhansky forest typological district, stands with a relative density of stocking 0.7 (41.2%) are most common. Also, significant areas are occupied by stands with a relative density of stocking 0.8 (22.2%) and 0.6 (18.5%). The proportion of low-density stands is insignificant.

To determine the degree of closeness of the relationships between the forestry indicators of the aspen stands of the region by the data from the sample plots, a correlation matrix was evaluated (Table 2).

Table 2. Correlation coefficients between the studied parameters

Parameters	A, years	H, м	D, см	P	G, m ² ·ha ⁻¹
A, years	1.00	0.76	0.81	0.31	0.58
H, м	-	1.00	0.95	0.32	0.69
D, cm	-	-	1.00	0.34	0.69
P	-	-	-	1.00	0.89
G, m ² ·ha ⁻¹	-	-	-	-	1.00

An analysis of the obtained correlation coefficients confirms the close relationship between indicators such as average age (A), average diameter (D), and average

height (H). The corresponding correlation coefficients range from 0.76 to 0.95. For the total basal area (G), the correlation with the average height and diameter is 0.69. No significant relationship was found for the relative density of stocking (P).

The average parameters of the diameter distribution of trees are: skewness (0.553), kurtosis (-1.286) and coefficient of variability (24.7%).

Theoretical series of distribution by diameter were evaluated according to the methodology developed at the Department of Forest Mensuration and Forest Management of NULES of Ukraine (Гірс, 2011).

Calculations of the dimensional structure in the EXCEL environment according to the BUDOVA program showed that the β-distribution is optimal for this object of research. Similar peculiarities have been established for coppice alder stands in the study region (Бугайов, Гірс, Пастернак, 2021).

The simulation results are represented by the formulas:

$$V = 70.8 - 3.53 \cdot D + 0.0657 \cdot D^2 \quad (1)$$

$$W = 0.648 + 3.53 \cdot 10^{-3} \cdot P_{dil} \quad (2)$$

$$R_1 = 0.493 - 3.9 \cdot 10^{-3} \cdot D \quad (3)$$

$$R_2 = 2.18 - 2.75 \cdot 10^{-2} \cdot D + 4.51 \cdot 10^{-2} \cdot D^2 \quad (4)$$

where *V* is the variability of the diameter of the modal stand; *W* is the ratio of the variability of the commercial part to the total variability of the stand diameter; *R*₁ and *R*₂ are the minimum and maximum diameters in the modal stand, respectively.

The relationship between the share of merchantable trunks (*P*_{dil}) and age (*A*) of modal coppice aspen stands was also found:

$$P_{dil} = 75.24 \cdot A^{-0.248} \quad (5)$$

Figure 1 shows a graph of the distribution of the total number of trunks, built for 30-80-year-old modal coppice aspen stands on the basis of the above (formulas 1-5) parameters of β-distribution.

On the graph, 1,000 trunks conditionally correspond to the total number of trees in the stand, i.e., 100% of all trees. Rows of merchantable trunks of the stands were also built.

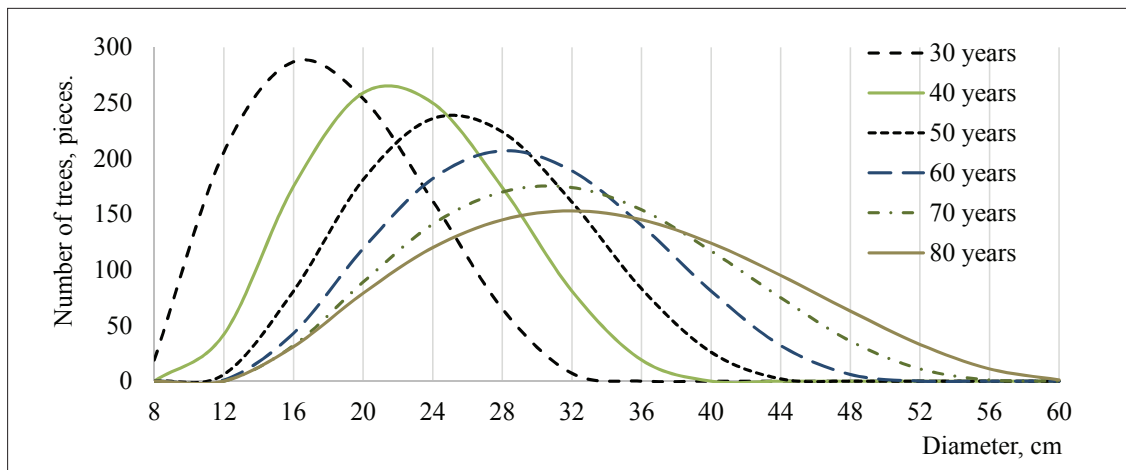


Fig. 1. Distribution of trunks by diameter in modal coppice aspen stands depending on the average diameter

Patterns of a dimensional structure are the theoretical basis for establishing standards (tables of merchantability structure and dynamics of marketability). To model the dynamics of the merchantability structure of coppice aspen stands, regional yield tables were used (Ткач, Висоцька, Кобець, 2019), tables of distribution of aspen merchantable trunks by diameter classes and subclasses (Білоус та ін., 2021), and the established parameters of trunks distribution by diameter. Standards were calculated according to the methodology developed at the Department of Forest Mensuration and Forest Management of NULES of Ukraine (Кашпор, 1999). Classes and subclasses of commercial

timber thickness were set according to the average diameter of logs inside the bark: D1b – 14.5-19.4 cm, D2a – 19.5-25.4 cm, D2b – 25.5-29.4 cm, D3a – 29.5-34.4 cm, D3b – 34.5-39.4 cm, D4 – 39.5-49.4 cm. The volume of firewood was set as the sum of the volume of firewood trunks and firewood from merchantable trees.

The obtained results on the distribution of total stock by categories (commercial timber, firewood, and waste), as well as the yield of commercial timber by diameter classes, were aligned with polynomials of 2-3 degrees depending on the age of the stand. The dynamics of merchantability structure of modal aspen stands of site class I are given in Table 3.

Table 3. Dynamics of merchantability structure of modal coppice aspen stands

Age, years	Mean		Stock, m ³ ·ha ⁻¹										
			commercial timber by thickness classes							total	firewood	waste	total
	H, m	D, cm	D1b	D2a	D2b	D3a	D3b	D4					
30	16.5	18.9	19	14	4					37	153	5	195
35	18.3	21.2	19	19	8	1				47	170	6	223
40	19.9	23.3	17	21	12	3				53	186	7	246
45	21.3	25.2	14	22	15	6	1			58	201	7	266
50	22.5	26.9	11	21	18	9	2			61	212	8	281
55	23.6	28.6	9	19	19	11	4	1		63	223	8	294
60	24.5	30.1	7	17	19	13	6	2		64	233	8	305
65	25.3	31.6	6	14	18	14	8	4		64	241	8	313
70	26.1	32.9	5	12	17	14	10	6		64	247	8	319
75	26.8	34.0	4	11	16	13	11	9		64	250	8	322
80	27.4	35.0	4	10	14	13	12	11		64	251	8	323

The standards of merchantability structure dynamics of modal aspen stands are based on fundamentally new data on the distribution of commercial trunks of 16 cm and more by diameter classes and subclasses, which is consistent with European approaches to inventory of round timber (ДСТУ EN 1315-1:2001; Білоус та ін., 2021). The maximum average change in the growing stock of commercial timber (2.0 m³·ha⁻¹·year⁻¹) is set at the age of 30 years.

We also compared the dynamics of commercial timber yield in modal aspens according to different standards (assessment of commercial timber by the top and mid diameters). As can be seen from Table 4, the yield of commercial timber is lower (up to 24.3%) in its assessment made not by the top but by the mid diameters, and the greatest impact is observed at a younger age of stands (30-40 years). The latter provision is explained by the fact that according to European standards, trees from 8th to 16th degrees of thickness do not actually have commercial wood.

When comparing the standards established for the Slobzhansky forest typological district with the standards established for the whole of Ukraine (Гіпс, 2011), it should be noted that the latter yield of commercial

timber is significantly higher, due to the formation of stands in the study region and coppice origin.

Conclusions. The aspen stands of the study region in terms of growth, dimensional and merchantability dynamics have specific features. The diameter distribution of trees is described by skewness 0.553, kurtosis – -1.286, and coefficient of variability – 24.7%. The β -distribution is optimal for aspen trunk diameter of the object of study.

According to the developed standards of merchantability dynamics, the yield of aspen commercial timber is lower (on average by 5%) when it is assessed not by the top- but by the mid diameter, the greatest impact is observed at the younger age of stands (30-40 years). The standards of merchantability structure dynamics of modal coppice aspen stands presented in this paper, taking into account European approaches to inventory of round timber, can significantly improve the quality of forestry and accuracy of assessing aspen stands in the Slobzhansky region. In future, it is advisable to carry out an additional research to determine the patterns of distribution of wood by quality classes and the dynamics of the merchantability structure on this parameter.

Table 4. Comparative analysis of the assessment of the dynamics of the size and quality structure of modal coppice aspen stands according to current and European standards

Age, years	Commercial part of the modal stand, m ³ ·ha ⁻¹			Deviation in the stock of commercial timber	
	growing stock	stock of commercial timber		m ³ ·ha ⁻¹	%
		according to old standards	according to European standards		
30	66	46	37	9	24.3
35	72	52	47	5	10.6
40	77	57	53	4	7.5
45	80	60	58	2	3.4
50	82	62	61	1	1.6
55	84	63	63	0	0.0
60	85	64	64	0	0.0
65	86	65	64	1	1.6
70	86	65	64	1	1.6
75	86	65	64	1	1.6
80	85	65	64	1	1.6

Acknowledgment. The authors are grateful to the two reviewers and V.L. Meshkova (Chief Research of entomology, phytopathology, and physiology department, URIFFM), who agreed to review the article before sending it to the journal and provided valuable comments and suggestions that improved the quality of the article.

References

- Kweon, D., & Comeau, P.G. (2019) Relationships between tree survival, stand structure and age in trembling aspen dominated stands. *Forest Ecology and Management*, 438(15), 114-122. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.02.003>
- Niemczyk, M., Przybysz, P., Przybysz, K., Karwański, M., Kaliszewski, A., Wojda, T., & Liesebach, M. (2019). Productivity, Growth Patterns, and Cellulosic Pulp Properties of Hybrid Aspen Clones. *Forests*, 10(5), 450. <https://doi.org/10.3390/f10050450>
- Rogers, P.C., Pinno, B.D., Šebesta, J., Albrecht, B.R., Li, G., Ivanova, L., ... Kulakowski, D. (2020). A global view of aspen: Conservation science for widespread keystone systems. *Global Ecology and Conservation*, 21. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00828>
- Usoltsev, V., Shobairi, O., & Chasovskikh, V. (2018). Climate-Induced Gradients of Populus sp. Forest Biomass on the Territory of Eurasia. *Journal of Ecological Engineering*, 1(1), 218-224. <https://doi.org/10.12911/22998993/79403>
- Білоус, А.М. (2016). *Біопродуктивність та екосистемні функції м'яколистяних лісів Українського Полісся*. автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук: 06.03.02, 06.03.03. Київ, НУБіП України [Bilous, A.M. (2016). *Biological productivity and ecosystem functions of softwooded broadleaved forests in the Ukrainian Polissya* (Doctoral dissertation abstract. National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine). Retrieved from <http://dglib.nubip.edu.ua/handle/123456789/3146>] (in Ukrainian)
- Білоус, А.М., Кашпор, С.М., Миронюк, В.В., Свинчук, В.А., Леснік, О.М. (2021). *Лісотаксаційний довідник*. Київ: Видавничий дім «Вініченко». [Bilous, A.M., Kashpor, S.M., Myroniuk, V.V., Svyinchuk, V.A., & Lesnik O.M. (2021). *Forest inventory handbook*. Kyiv: Publishing house "Vinichenko". ISBN 978-966-2622-47-8] (in Ukrainian)
- Бугайов, С.М., Гірс, О.А., Пастернак, В.П. (2021). Закономірності розподілу дерев за діаметром та динаміка товарної структури вільхових деревостанів Слобожанського лісотипологічного району. *Український журнал лісівництва та деревинознавства*, 12(1), 17-24 [Buhaiov, S.M., Girs, O.A., & Pasternak, V.P. (2021). Patterns of diameter distribution and dynamics of marketability structure of alder stands in Slobozhanskyi forest typology district. *Ukrainian journal of forest and wood science*, 12(1), 17-24. <http://dx.doi.org/10.31548/forest2021.01.002>] (in Ukrainian)
- Висоцька, Н.Ю., Кобець, О.В. (2019). Особливості росту та формування природних порослевих деревостанів осики європейської (*Populus tremula* L.). *Лісівництво і агролісомеліорація*, 134, 3-12 [Vysotska, N.Yu., & Kobets, O.V. (2019). Specific features of growth and formation of the European aspen (*Populus tremula* L.) natural coppice stands. *Forestry and Forest Melioration*, 134, 3-12. <https://doi.org/10.33220/1026-3365.134.2019.3>] (in Ukrainian)
- Давидов, М.В. (1969). *Таблиці ходу росту і товарності насадження деревних видів України*. Київ:

- Урожай [Davydov, M.V. (1969). *Tables of growth and marketability of stands of tree species of Ukraine*. Kyiv: Harvest] (in Ukrainian)
- ДСТУ EN 1315-1:2001 (2002). Класифікація за розмірами. Частина 1. Круглі лісоматеріали листяних порід. Чинний від 2002-01-01. Вид. офіційне. Київ: Технічний комітет зі стандартизації. [DSTU EN 1315-1:2001 (EN 1315-1:1997, IDT) (2002). Dimensional classification – Part 1. Deciduous round timber. Effective from January 01, 2002. Official edition. Kyiv: Technical Committee on Standardization. Retrieved from http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79162] (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)
- Гірс, О. А., (2011). *Стиглість деревостанів та використання деревних ресурсів у лісах різного функціонального призначення*. Корсунь-Шевченківський: Видавництво Майдаченко [Girs, O.A. (2011). *Maturity of forest stands and use of wood resources in forests of different functional purposes*. Korsun-Shevchenkivskiy: Maydachenko I.S.] (in Ukrainian)
- Кашпор, С. М. (1999). Методичні основи складання нормативів динаміки товарної структури насаджень. *Науковий вісник Національного аграрного університету*. Лісівництво, 17, 265-268 [Kashpor, S.M. (1999). Methodological basis of stand merchantability structure dynamics creation. *Scientific Bulletin of National Agrarian University. Forestry*, 17, 265-268] (in Ukrainian)
- Остапенко, Б. Ф., Ткач, В. П. (2002). *Лісова типологія*. Харків: Харків. держ. аграр. ун-т ім. В.В. Докучаєва [Ostapenko, B.F., & Tkach, V.P. (2002). *Forest typology*. Kharkiv: the V.V. Dokuchaev 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)
- Поляков, А. В. (1967). *Осинники Украинского Полесья, их рост, строение и сортиментная структура*: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.02. Киев, УСХА [Polyakov, O.V. (1967). *Aspen forests of Ukrainian Polissya, their growth, structure and assortment structure* (Doctoral dissertation abstract, Ukrainian Agriculture Academy, Kyiv, Ukraine)] (in Russian)
- Склярів, В. О., Пастернак, В. П. (2018). Структура деревостанів осики Лісостепу Харківщини. В. кн.: *Основні проблеми й тенденції подальшого розвитку лісового господарства в Українських Карпатах*, 313-318. Івано-Франківськ: Наір [Sklyarov, V.O., & Pasternak, V.P. (2018). The structure of aspen stands in the forest steppe of Kharkiv region. In *The main problems and trends of further development of forestry in the Ukrainian Carpathians*, 313-318. Ivano-Frankivsk, Ukraine: Nair. Retrieved from <https://www.openforest.org.ua/101491/>] (in Ukrainian)
- Ткач, В. П., Висоцька, Н. Ю., Кобець, О. В. (2019). Ріст і продуктивність порослевих осичників у свіжих і вологих ґрудах рівнинної частини України. *Лісівництво і агролісомеліорація*, 135, 41-49 [Tkach, V.P., Vysotska, N. Yu., & Kobets, O.V. (2019). Growth and productivity of coppice stands of the European aspen (*Populus tremula* L.) in fresh and moist fertile forest site types in the plain part of Ukraine. *Forestry and Forest Melioration*, 135, 41-49. <https://doi.org/10.33220/1026-3365.135.2019.41>] (in Ukrainian)

Динаміка розмірної та товарної структури осикових деревостанів Слобожанського лісотипологічного району

В. П. Пастернак¹, О. А. Гірс², В. О. Склярів³

Здійснено аналіз поширення *Populus tremula* L. за типами лісорослинних умов у лісовому фонді регіону дослідження та встановлено лісівничо-таксаційні показники деревостанів цього деревного виду. Для детального вивчення таксаційної будови і товарної структури закладено 15 пробних площ у осикових деревостанах вегетативного походження. Крім того, використано 10 переліків на лісосіках рубок головного користування. Дані було опрацьовано з використанням прикладних програм MS Excel, SPSS і Statistica. За результатами кореляційного аналізу встановлено тісний зв'язок між такими показниками, як середній вік (А), середній діаметр (D), середня висота (H). Відповідні коефіцієнти кореляції мають значення від 0,76 до 0,95. Для суми площ поперечного перерізу (G) кореляційний зв'язок із середньою висотою та діаметром становить 0,69. Для відносної повноти (P) значущих зв'язків не виявлено.

Розглянуто таксаційну будову осикових деревостанів, проаналізовано розподіл дерев за діаметром.

¹ 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>

² Гірс Олександр Анатолійович – академік Лісівничої академії наук України, доктор сільськогосподарських наук, професор. Національний університет біоресурсів і природокористування України, вул. Героїв Оборони, 15, Київ, 03041, Україна. E-mail: aagirs@nubip.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7633-8855>

³ Склярів Віталій Олексійович – заступник директора Державного підприємства «Зміївське лісове господарство», вул. Соборна, 7, Зміїв, 63404, Україна. Тел.: +38-05747-3-22-24. E-mail: zmlis@ukr.net

Побудову теоретичних рядів розподілу за діаметром виконано за методикою, опрацьованою на кафедрі таксації лісу та лісового менеджменту НУБіП України. Розраховано моделі мінливості діаметра, відношення мінливості ділової частини до загальної мінливості діаметра деревостану з урахуванням мінімального та максимального діаметрів модальних деревостанів. Розподіл дерев за діаметром характеризується переважно туповершинною кривою з правосторонньою асиметрією. Середні значення асиметрії розподілів становлять 0,553; ексцесу – -1,286. Розрахунки моделей розподілу стовбурів осики за діаметром показали, що β -розподіл є оптимальним для цього об'єкта дослідження. Встановлено зв'язок між часткою ділових стовбурів і віком модальних осикових деревостанів.

Для моделювання динаміки товарної структури осикових деревостанів вегетативного походження використано регіональні таблиці ходу росту, таблиці розподілу об'єму ділових стовбурів осики за класами та підкласами товщини і встановлені па-

раметри будови за діаметром. Побудовано таблиці динаміки товарної структури модальних осикових деревостанів вегетативного походження з урахуванням розподілу об'ємів ділових стовбурів за класами і підкласами товщини, узгодженими з європейськими підходами щодо таксації круглих лісоматеріалів. За розробленими нормативами динаміки товарності вихід ділової деревини нижчий (у середньому на 5%) у разі її оцінювання не за верхніми, а за серединними діаметрами, причому найбільший вплив відзначено у молодшому віці деревостанів (30-40 років).

Наведені нормативи розподілу дерев за діаметрами і динаміка товарної структури модальних осикових насаджень з урахуванням розподілу ділової деревини за класами діаметрів дають змогу підвищити точність визначення показників осикових насаджень Слобожанського лісотипологічного району.

Ключові слова: *Populus tremula* L.; модальні деревостани; розподіл за діаметром; класи товщини.



УДК 630.4:632.7:58.07

Структура природних насаджень заповідних територій Українських Карпат та оцінка стовбурового запасу вуглецю

М. М. Король¹, О. Є. Токар², М. І. Густі³, С. В. Портах⁴, Б. З. Нагорняк⁵,
В. П. Приндак⁶, В. В. Земан⁷, В. О. Крамарець⁸

Представлено результати досліджень просторової структури старовікових деревостанів на території природного заповідника «Горгани» та національного природного парку «Сколівські Бескиди» зі встановленням запасу вуглецю стовбурової деревини за вертикальними горизонтами. Дослідження просторової структури деревостанів природного походження є актуальними з погляду з'ясування можливостей адаптації лісів до зміни клімату, а також здатності лісових екосистем протидіяти абіотичним і біотичним збуренням.

Основними лісоутворювачами у старовікових деревостанах заповідних територій є аборигенні деревні види – бук лісовий, ялиця біла та ялина європейська. Диференціація дерев за ступенями товщини описується бімодальним розподілом. Спостережено високу мінливість за діаметром та висотою, що вказує на гетерогенність ознак обстежених насаджень. Розподіл запасу за висотними горизонтами нерівномірний: у верхньому ярусі зосереджено до 80% загального запасу та до 40% – загальної кількості дерев на 1 га. У старовікових деревостанах заповідної зони НПП «Сколівські Бескиди» за кількістю дерев домінує верхній ярус (до 60%), нижній ярус вміщає до 30%, середній ярус – до 20% дерев. У старовікових деревостанах ПЗ «Горгани» кількість дерев у верхньому та середньому ярусах є дуже подібною – тут зосереджено до 30% дерев, а у нижньому ярусі – до 40%. Для старовікових насаджень заповідних територій властивий групово-випадковий тип

¹ 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.: +38-067-670-20-55. E-mail: nikkorol@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9023-0840>

² Токар Ольга Євгенівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри міжнародної інформації. Національний університет «Львівська політехніка», вул. С. Бандери, 12, м. Львів, 79013, Україна. Тел.: +38-066-270-11-40. E-mail: tokarolya@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9428-2472>

³ Густі Микола Іванович – доктор технічних наук, професор кафедри міжнародної інформації. Національний університет «Львівська політехніка», вул. С. Бандери, 12, м. Львів, 79013, Україна. Тел.: +38-0671690271. E-mail: kgusti@yahoo.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2576-9217>

⁴ Портах Степан Володимирович – асистент кафедри лісової таксації та лісовпорядкування. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-0685045265. E-mail: portakh@nltu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5172-6640>

⁵ Нагорняк Богдан Зіновійович – асистент кафедри лісової таксації та лісовпорядкування. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-068-536-42-42. E-mail: bnahornjak@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-1184-6375>

⁶ Приндак Василь Петрович – директор. НПП «Сколівські Бескиди», вул. Князя Святослава, 3, м. Сколе, Львівська обл., 82600, Україна. Тел.: +38-095-632-61-64. E-mail: pryndak@ukr.net

⁷ Земан Віталій Васильович – директор. НПП «Бойківщина», вул. Воїнів УПА, 32, смт. Бориня, Львівська обл., 82547, Україна. Тел.: +38-032-260-04-08. E-mail: npp_bojkivschuna@ukr.net

⁸ Крамарець Володимир Олександрович – член-кореспондент 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>

розміщення дерев. Щільність вуглецю стовбурової деревини у досліджуваних деревостанах є найвищою у першому ярусі і може змінюватися від 110 до 220 т/га.

Ключові слова: просторова структура насадження; диференціація дерев; депонування вуглецю; щільність вуглецю; фітомаса; динаміка запасу; видове різноманіття; лісотвірні види.

Вступ (Introduction). Особливу цінність для досліджень адаптивного потенціалу лісових екосистем до різноманітних негативних абіотичних чи біотичних впливів мають ліси природного походження, структура яких відповідає едафо-кліматичним умовам регіону їх поширення. Таким лісам здебільшого притаманний високий рівень стійкості до несприятливих чинників абіотичного та біотичного характеру, що, ймовірно, зумовлено особливостями їхньої генетичної структури та високим рівнем біологічного різноманіття відповідних екосистем (Isbell et al., 2015; Hlásny et al., 2017). На сьогодні цей аспект є актуальним, оскільки тісно пов'язаний із глобальними кліматичними змінами, зокрема і на території європейських країн (Castañeda, 2000; Baycheva-Merger, & Wolfslehner, 2016). Саме у контексті можливості адаптації природних деревостанів до кліматичних відхилень доцільно вивчати потенціал лісових екосистем (Lindner et al., 2010; Grassi et al., 2017; Nabuurs et al., 2018).

Формування сучасних лісових угруповань Українських Карпат відбувалося впродовж тривалого періоду часу, зокрема і за умов значного антропогенного впливу. Загалом з середини XIX і практично до 80-х років XX ст. лісове господарство в Українських Карпатах велося з домінуванням концепції інтенсивного лісокористування, яка передбачала наявність значного дисбалансу між обсягами заготівлі деревини та приростом насаджень. У цей період масові рубки головного користування здійснювали суцільно-лісосічним способом на ділянках значної площі з наступним штучним відтворенням (відновленням) лісів. Створення лісових культур (садінням або сівбою) призвело до формування одновікових, переважно монокультурних деревостанів, з домінуванням у складі ялини європейської. Водночас, у лісових районах зі складним рельєфом та за відсутності інфраструктурних об'єктів (доріг) для заготівлі деревини, а також на заповідних територіях збереглися старовікові природні лісові масиви, включно з лісами пралісового типу.

Враховуючи, що на рівень біотичної стійкості лісостанів значний вплив має їхній генезис, важливим об'єктом для досліджень є старовікові ліси, які не зазнали впливу господарської діяльності або ж цей вплив був незначним. Такі ліси найчастіше зосереджені на територіях, що мають охоронний статус. У межах української частини Карпатської гірської системи старовікові ліси природного походження збереглися, зокрема, у межах територій природного заповідника (далі – ПЗ) «Горгани» та Національного природного парку (далі – НПП) «Сколівські Бескиди» (Клімук та ін., 2006; Крамарець та ін., 2019).

Такі насадження складні за будовою, різновікові, багаторярусні. За оцінками різних дослідни-

ків (Cherniavskiy, 2021; Стойко, 2013 та ін.), на території Українських Карпат розповсюджені букові, ялинові та ялицеві праліси (квазіпраліси), які охоплюють площу до 95 тис. га. Загальна площа українських пралісів, що знаходяться під охороною ЮНЕСКО, становить майже 29 тис. га, а ще понад 43 тис. га віднесено до їхньої буферної зони.

У Горганах на висотах від 800 до 1500 м н.р.м. на значних площах збереглися буково-ялицево-ялинові, ялицево-ялинові та ялинові старовікові природні насадження (у т.ч. пралісового типу), які ростуть переважно у вологих типах лісу (вологий чистосмерековий суббір, вологий ялицево-смерековий суббір, вологий кедрово-смерековий суббір, волога високогірна сусмеречина, волога буково-ялицева сусмеречина, волога ялицева сусмеречина).

У заповідній зоні НПП «Сколівські Бескиди» на абсолютних висотах 700-1200 м н.р.м. також збереглися старовікові ліси. Вони приурочені переважно до вологих смереково-ялицевих субучин і бучин. Основними лісотвірними видами у старовікових деревостанах є бук лісовий, ялина європейська та ялиця біла. У домішці трапляються клен-явір, в'яз гірський та горобина звичайна. Заповідна зона НПП «Сколівські Бескиди», за даними лісової інвентаризації, становить близько 5,1 тис. га.

Об'єкти та методика досліджень (Objects and methods). *Об'єкт досліджень* – старовікові деревостани на території НПП «Сколівські Бескиди» та ПЗ «Горгани». *Предмет дослідження* – особливості просторової структури старовікових деревостанів; закономірності формування запасу деревини за ярусами та обсяги нагромадження вуглецю стовбуровою деревиною.

Завдання досліджень полягали у вивченні диференціації дерев за діаметром у старовікових деревостанах природного походження; у встановленні складу деревостанів за ярусами; у вивченні просторової структури складних насаджень; в оцінюванні розподілу запасу стовбурової деревини різних деревних видів за ярусами; в оцінюванні обсягів нагромадженого вуглецю стовбуровою деревиною у природних насадженнях заповідних територій Українських Карпат.

Під час опрацювання результатів досліджень застосовано комп'ютерні технології, що базуються на використанні сучасних методів збору та оброблення лісотаксаційної інформації; методи математичної статистики, зокрема використання множинного кореляційного та регресійного аналізів; методу багатомірного математичного моделювання з дотриманням основних принципів системного підходу. Для оцінювання адекватності математичних моделей застосовано стандартні статистичні методи (Tokar, Lesiv, & Korol, 2014). Запаси вуглецю у стовбуровій деревині насаджень обчис-

лено методом «знизу-вгору» на основі прямих підрахунків запасів і щільності деревини за породами з використанням конверсійного коефіцієнта (Лакіда, 2002; Lakida, Nilsson, & Shvidenko, 1996). Розрахунки методом конверсійного коефіцієнта здійснено на основі розробленої бази даних статистичної інвентаризації пробних площ заповідних територій з використанням регресійних співвідношень: залежність фітомаси від деревної породи, середнього віку, класу бонітету, відносної повноти насаджень (Lakida, Nilsson, & Shvidenko, 1996; Лакіда, 2002; Tokar, Lesiv, & Korol, 2014; Токар, Король, Густі, 2021).

Територія ПЗ «Горгани» – суцільний лісовий масив поза межами населених пунктів. Натомість,

територія НПП «Сколівські Бескиди» має кластерний характер – лісові масиви національного природного парку межують із населеними пунктами, сільгоспугіддями та лісами інших користувачів.

Для вибору місць закладання пробних площ застосовано рівномірну растрову сітку у межах територій ПЗ «Горгани» та НПП «Сколівські Бескиди» (рис. 1). У подальшому, на підставі матеріалів лісовпорядкування, відібрано ділянки, де середній вік насаджень становив більше 100 років. Запропонований спосіб розміщення пробних площ (тестових ділянок) забезпечує випадковість охоплення території та об'єктивність результатів досліджень, що є важливою умовою для статистичного опрацювання отриманих даних.

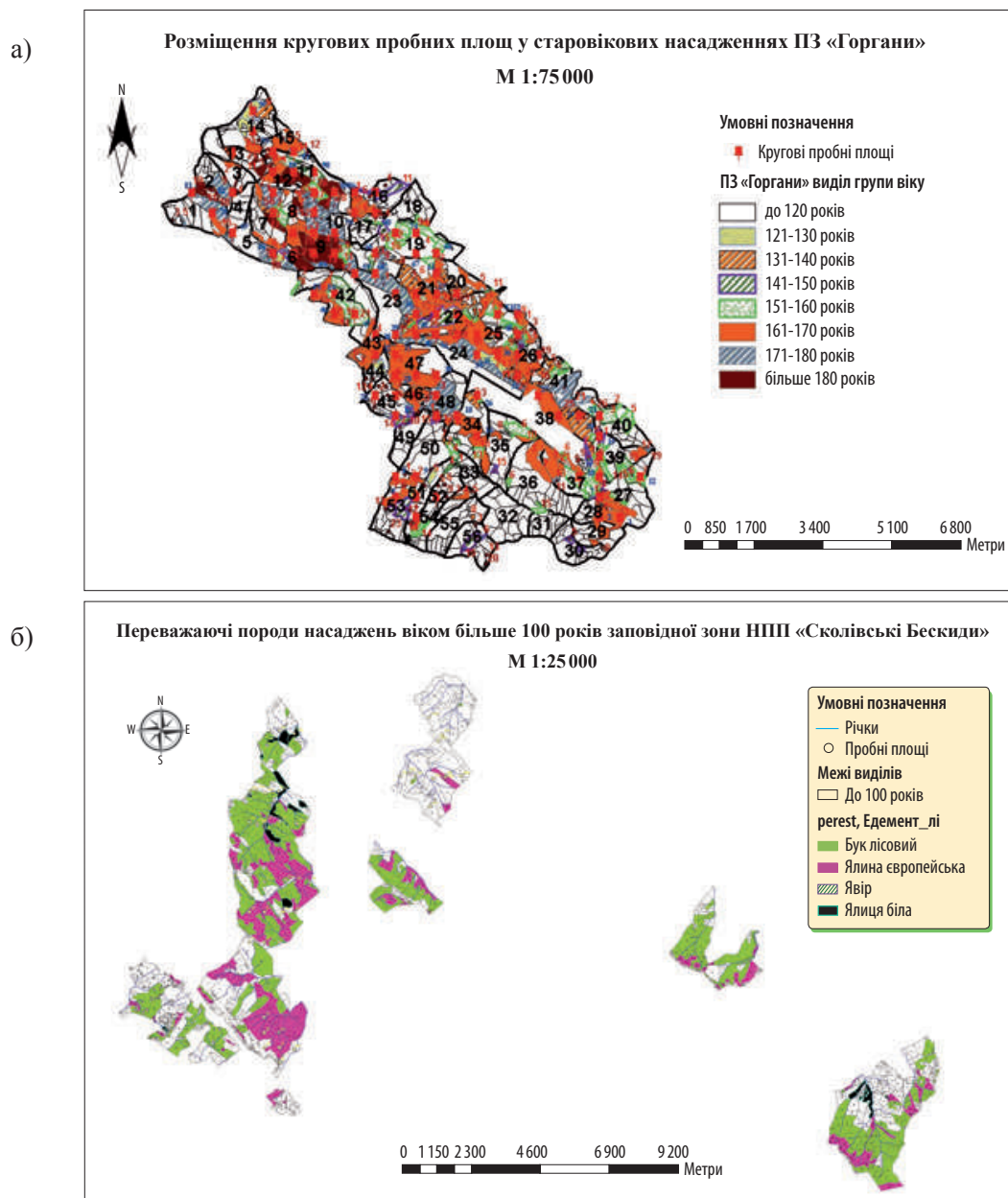


Рис. 1. Вікова структура насаджень, розподіл деревостанів за переважуючими деревними видами та розміщення пробних площ (а – ПЗ «Горгани»; б – НПП «Сколівські Бескиди»)

Fig. 1. Age structure of the forest stands, dominating tree species, and location of the test plots (a – Nature Reserve “Gorgany”; b – National Natural Park “Skole Beskydy”)

Просторову та вікову структури, запас насаджень визначено на кругових пробних площадках з фіксованою площею 500 м². Координати центру ділянок зафіксовано GPS-навігатором. Вертикальна структура насадження вказує на яку частку зайнятий рослинністю відповідний умовний горизонт (ярус).

Горизонтальну структуру насадження вивчали за розміщенням дерев (позиціонуванням) на тестових ділянках, варіабельністю діаметрів та висот дерев. Видове різноманіття встановлено за індексом Шеннона (E), а також індексом диференціації дерев (T). Тип розміщення дерев встановлювали на основі аналізу величини індексів, зокрема індексу Кларка-Еванса (R) та його модифікації за Доннеллі, кутового індексу (W). Формули розрахунку індексів для визначення видового різноманіття взято із літературних джерел (Pretzsch, 2001; Gadow, 2001; Gadow, Hui, Chen, & Albert, 2003; Diggle, 2013). Структурний різновид насадження може бути індикатором для оцінювання рівня екологічного різноманіття та стабільності екосистеми.

Результати дослідження (Results). Мішані насадження НПП «Сколівські Бескиди» та ПЗ «Горгани» ростуть на абсолютних висотах 700-1400 м н.р.м. Основними лісотвірними породами є *Fagus sylvatica* L., *Picea abies* (L.) Karst. та *Abies alba* Mill. У домішці трапляються *Acer pseudoplatanus* L., *Ulmus glabra* Huds., *Sorbus aucuparia* L. та *Pinus cembra* L. Диференціація дерев за ступенями товщини у досліджуваних насадженнях в основному описується бімодальним розподілом. Цей тип розподілу притаманний насадженням природного походження, для яких властива вертикальна строкастість. У таких насадженнях більшу частку становлять молоді дерева з діаметром на висоті грудей до

28 см. На території цих двох природоохоронних об'єктів лісогосподарська діяльність та загалом антропогенне навантаження в історичному аспекті були неоднаковими. Ліси на території, де зараз утворено НПП «Сколівські Бескиди», інтенсивно загосподарені, починаючи із середини XIX і практично до кінця XX ст. (Крамарець та ін., 2019). Тут було прокладено мережу вузькоколійних доріг, діяли потужні деревообробні підприємства, здійснено суцільні рубки у значних обсягах. На зрубах проводили штучне лісовідновлення насаджень, часто без урахування едафо-кліматичних умов території. Найчастіше висаджували ялину європейську, як деревний вид, що найшвидше забезпечував отримання ділових лісоматеріалів. Територія, яка увійшла до складу заповідної зони НПП, досить інтенсивно експлуатувалася до й після Другої світової війни. Про це свідчать вкраплення ділянок із монокультурами ялини європейської поряд із старовіковими ялицево-буковими деревостанами складної просторової будови.

Диференціація дерев за діаметром між дослідними об'єктами суттєво різниться (табл. 1). У старовікових лісостанах ПЗ «Горгани» на 1 га росте більша кількість дерев (у середньому 1000 шт./га). На території НПП «Сколівські Бескиди» у старовікових лісостанах на 1 га в середньому росте 500 дерев.

Мінливість насаджень заповідних територій за діаметром і висотою є досить високою і становить більше 40%. При цьому розмах варіації R за діаметром становить до 98-99 см, а за висотою – до 35-37 метрів. Отримані результати біометричної оцінки за діаметром і висотою свідчать про те, що обстежені деревостани є гетерогенними, тобто складними за будовою.

Таблиця 1. Основні лісівничо-таксаційні та біометричні показники деревостанів

Table 1. Main biometric parameters of the forest stands

Назва	Середнє значення, X_{cp}	Розмах варіації, R	Стандартне відхилення, σ	Коефіцієнт мінливості, V	Асиметрія, A	Експес, E
за діаметром, см						
ПЗ «Горгани»	22,3	98,4	13,7	61,2	1,42	2,93
НПП «Сколівські Бескиди»	30,0	99,0	18,9	62,8	0,77	-0,08
за висотою, м						
ПЗ «Горгани»	10,8	34,9	4,3	40,0	0,42	-0,69
НПП «Сколівські Бескиди»	19,0	37,6	10,1	53,2	0,22	-1,1

Розподіл кількості дерев за вертикальними горизонтами (ярусами) має певну закономірність і також різниться для дослідних об'єктів. В обстежених старовікових деревостанах заповідної зони НПП «Сколівські Бескиди» домінує верхній ярус за кількістю дерев (до 60%); відповідно, нижній ярус становить до 30%, а середній – до 20%.

У старовікових деревостанах ПЗ «Горгани» вертикальна структура дещо інша. Кількість дерев у верхньому та середньому ярусах є майже однаковою – тут зосереджено до 30% дерев, тоді як у нижньому ярусі – майже 40% (рис. 2).

Для насаджень ПЗ «Горгани» переважаючою породою у всіх вертикальних ярусах є *Picea abies*. Її

частка усереднено становить до 70%, *Abies alba* – до 25%, *Fagus sylvatica* – до 5%. У нижньому ярусі деревостанів досить значною є частка *Abies alba* (до 30%), але майже відсутня *Pinus cembra*. Сосна кедрова росте у верхньому та середньому ярусах, її частка становить до 1% за кількістю дерев.

На висотах до 1000 м н.р.м. у старовікових деревостанах заповідної зони НПП «Сколівські Бескиди» у всіх вертикальних горизонтах переважає *Fagus sylvatica*, частка якого становить 60%; *Picea abies* займає до 20%, а *Abies alba* – до 15%. В обстежених деревостанах також значною є частка ялиці білої у нижньому ярусі (майже 20%); по-

ширена тут і горобина звичайна – майже 2%. На висотах над рівнем моря більше 1000 м також домінує бук (до 45%), тоді як участь ялиці та ялини становить до 25%, клена-явора – до 15% від кількості дерев.

Розміщення дерев на ділянці (горизонтальна структура), а також оцінювання різноманітності та диференціації здійснювали на підставі розрахованих індексів для кожної пробної площі, а пізніше отримані дані усереднювали. Основні критерії оцінки особливостей розміщення дерев, видового різноманіття та диференціації для насаджень заповідних територій наведено у табл. 2.

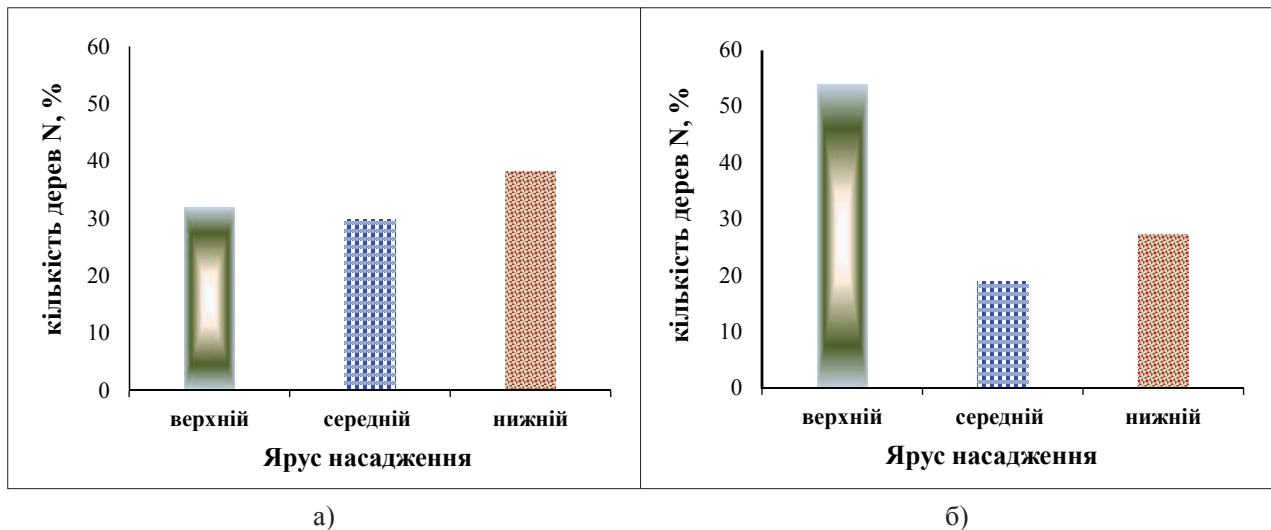


Рис. 2. Розподіл кількості дерев за ярусами мішаного насадження (а – ПЗ «Горгани», б – НПП «Сколівські Бескиди»)

Fig. 2. Shares of the number of trees in the canopy layers (a – Nature Reserve “Gorgany”, b – National Natural Park “Skole Beskyds”)

Таблиця 2. Критерії оцінки просторової структури деревостанів

Table 2. Criteria for estimating the horizontal and vertical structures of the forest stands

Назва	Індекси горизонтальної структури			Індекс видового різноманіття та диференціації		
	Кларка-Еванса, R	Донеллі, R _d	Кутовий індекс, W	Шеннона-Евеннеса, E	Диференціації дерев, T	
					діаметра	висоти
ПЗ «Горгани»	1,06	1,05	0,87	0,44	0,61	0,40
НПП «Сколівські Бескиди»	1,07	0,98	0,78	0,63	0,63	0,53

За результатами аналізу індексів горизонтальної структури досліджуваних природних старовікових насаджень заповідних територій встановлено, що для них властивий групово-випадковий тип розміщення дерев. Такий тип розміщення притаманний природним насадженням, де тривалий час було відсутнє антропогенне навантаження та не проводили заготівлю деревини, а деревостани формувалися у природний спосіб. Індекс Шеннона вказує, що видове різноманіття для ПЗ «Горгани» є середнім, а для НПП «Сколівські Бескиди» – високим. Індекс

диференціації дерев для досліджуваних насаджень за діаметром є дуже високим, а за висотою – високим. Отримані результати вказують на гетерогенність деревостанів, які тут ростуть.

Розподіл запасу дерев у вертикальних горизонтах (ярусах) відрізняється від характеру розподілу дерев за кількістю. Для заповідних територій запас стовбурової деревини верхнього ярусу знаходиться у межах 80-90% від загального запасу насадження, тобто домінуюча частка запасу притаманна першому ярусу (рис. 3).

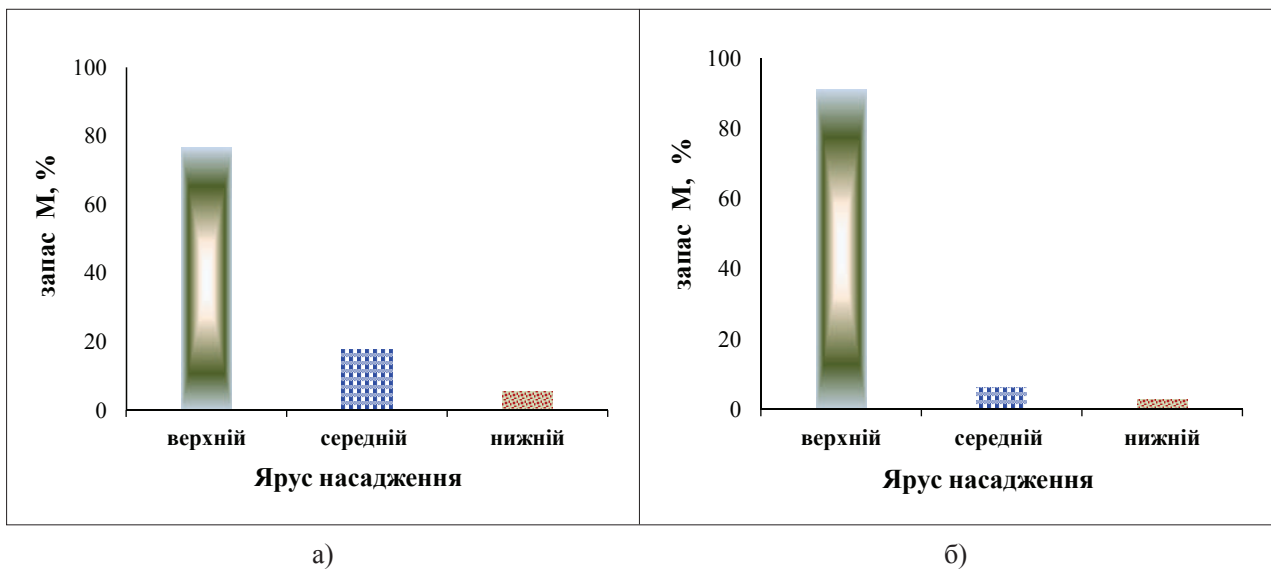


Рис. 3. Розподіл запасу за ярусами мішаного насадження (а – ПЗ «Горгани», б – НПП «Сколівські Бескиди»)
 Fig. 3. Shares of growing stock in the canopy layers (a – Nature Reserve “Gorgany”, b – National Natural Park “Skole Beskyds”)

Окрім цього, певні особливості притаманні розподілу стовбурового запасу за деревними видами у розрізі висотних горизонтів або ярусів (рис. 4).

Так для ПЗ «Горгани», де переважає *Picea abies* у складі насадження, стовбуровий запас у всіх горизонтальних горизонтах (ярусах) становить в середньому близько 70%, а для насаджень НПП «Сколівські Бескиди», де переважає у складі *Fagus sylvatica* – до 55% від загального запасу ярусу.

Найбільшу частку в структурі стовбурової деревини насаджень заповідника «Горгани» станов-

лять деревостани ялини європейської – 74%, ялиці білої – 17% та бука лісового – 5%, а найменшу частку (до 1%) займають інші деревні види (береза повисла, клен-явір, клен гостролистий, горобина звичайна). Встановлено, що для вкритих лісовою рослинністю ділянок ПЗ «Горгани» щільність вуглецю стовбурової деревини на 1 га становить близько 160-180 т. Максимальну щільність вуглецю (510 тС/га) спостережено у насадженні віком 190 років (БкЗЯц1Ял), розташованому на висоті близько 900 м н.р.м.

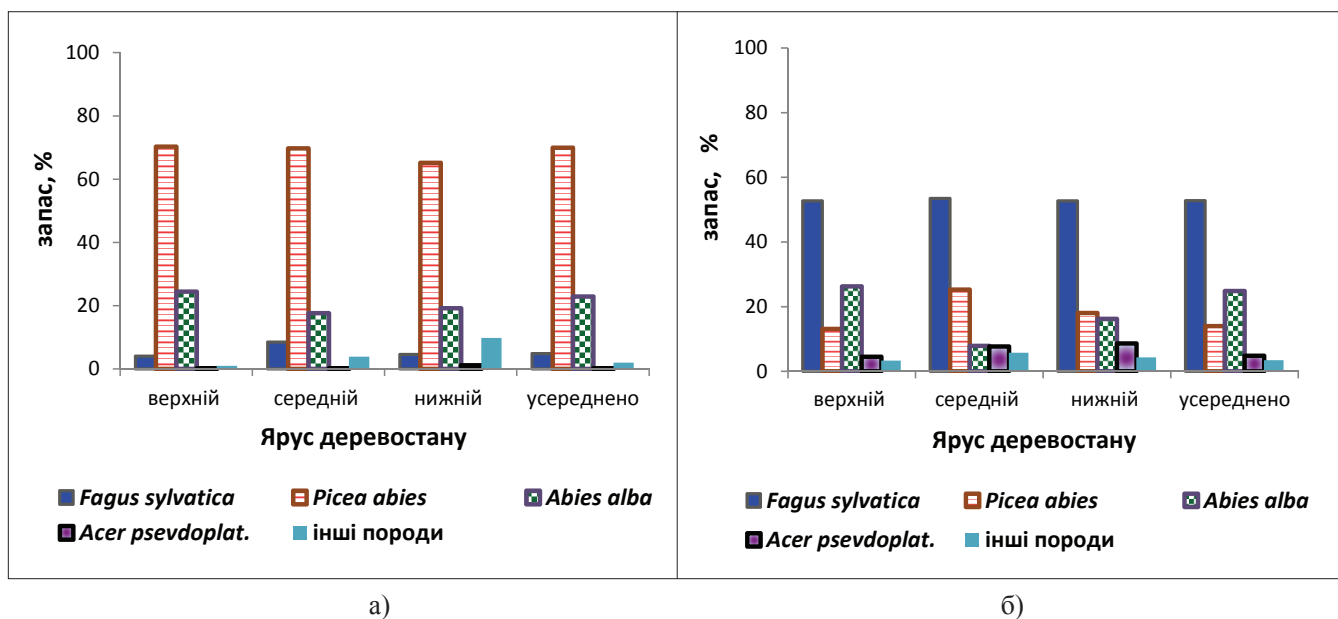


Рис. 4. Розподіл стовбурового запасу деревних порід за ярусами (а – ПЗ «Горгани», б – НПП «Сколівські Бескиди»)
 Fig. 4. Shares of growing stock of the tree species in the canopy layers (a – Nature Reserve “Gorgany”, b – National Natural Park “Skole Beskyds”)

У НПП «Сколівські Бескиди» найбільшу частку в структурі стовбурового запасу насаджень становить *Fagus sylvatica* – 62%, значно меншу – *Picea abies* (16%) та *Abies alba* (13%). Інші деревні види займають незначну частку (до 5%). Щільність вуглецю стовбурової деревини на 1 га вкритих лісовою рослинністю ділянок становить близько 230-240 тС/га. Висока щільність вуглецю на 1 га (455 тС/га) виявлена для насаджень більше 150 років зі складом деревостану 8Бк2Яц + Ял на висотах 700-800 м н.р.м. Розподіл щільності вуглецю на 1 га за вертикальними ярусами наведено на рис. 5.

Щільність вуглецю стовбурової деревини є найвищою у першому ярусі і становить від 110 до 130 тС/га. Загальна щільність вуглецю у середньому для насаджень заповідної зони коливається від 220 до 280 тС/га. Диференціація щільності вугле-

цю залежить, насамперед, від просторової структури та видового складу деревостану. Максимальні значення щільності вуглецю (до 455 тС/га) спостережено у насадженнях НПП «Сколівські Бескиди», де їхній склад представлений 4-6 одиницями бука, 4-5 – ялиці та 1-2 – ялини із групово-випадковим типом розміщення дерев і таким відносним розподілом за кількістю дерев у вертикальних горизонтах: 40% перший ярус, 15% – другий, 45% – третій ярус.

Для насаджень ПЗ «Горгани» оптимальний склад насаджень залежить від висоти над рівнем моря. Так, до висоти 900 м н.р.м. у складі деревостану відзначено 5-6 одиниць ялиці, 2-3 – бука та 1-2 – ялини. Для насаджень, що ростуть вище 900 м н.р.м. склад дещо інший: 8-9 одиниць ялини, 1-2 одиниці ялиці й у домішку сосна кедрова європейська.

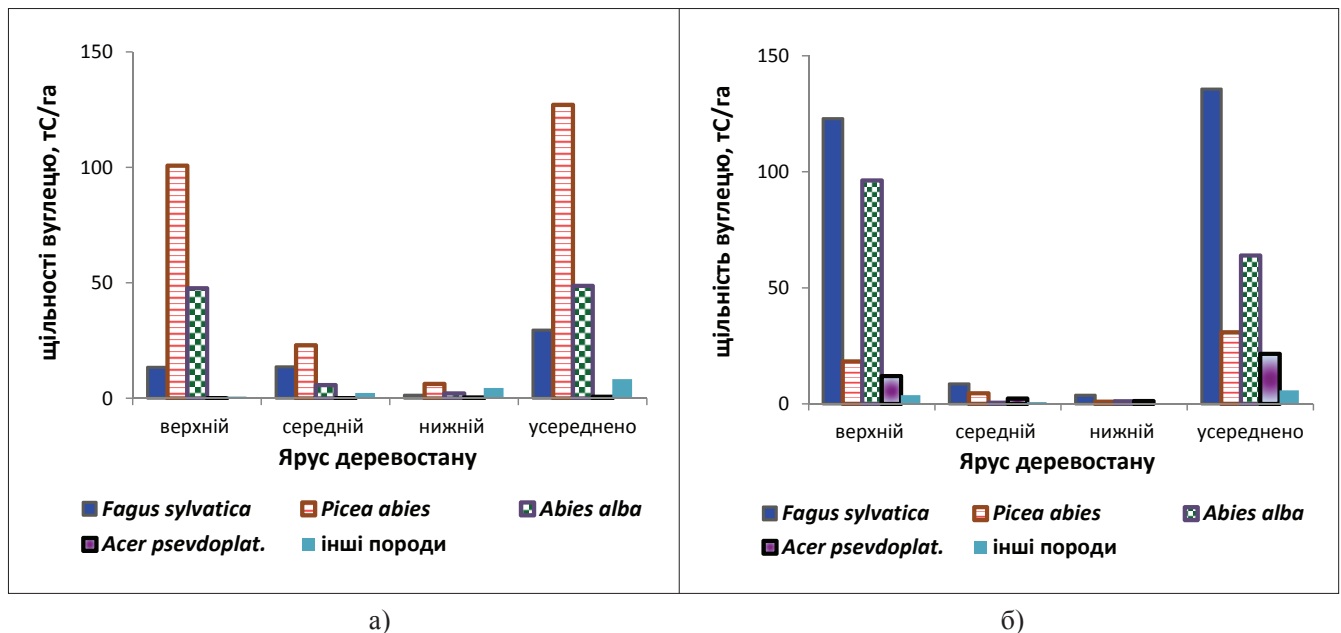


Рис. 5. Розподіл щільності вуглецю за ярусами мішаного насадження у розрізі деревних видів, тС/га (а – ПЗ «Горгани», б – НПП «Сколівські Бескиди»)

Fig. 5. Carbon stock of the tree species in the canopy layers and averaged over the tree species and the canopy layers, tC/ha (a – Nature Reserve “Gorgany”, b – National Natural Park “Skole Beskyds”)

Дискусія (Discussion). Структура лісу має вагоме значення для стабільності лісової екосистеми і є її найважливішою і фундаментальною ознакою. Просторові методи досліджень описують структуру деревостану з урахуванням відносного розташування дерев, де горизонтальна просторова структура включає сегрегацію деревних видів, ступінь диференціації їхніх розмірів, особливості розподілу та скупченість дерев, а вертикальна структура характеризує особливості розподілу деревних видів за висотними ярусами.

Встановлено, що у старовікових деревостанах заповідних територій повністю заповнені ніші вертикального діапазону (верхній, середній та ниж-

ні яруси). Для таких лісостанів властивий дифузний (біогруповий) та випадковий типи розміщення дерев і високе видове різноманіття. За результатами досліджень у природних насадженнях Українських Карпат, зокрема в мішаних ялиново-буково-ялицевих деревостанах, спостережено груповий тип розміщення особин (Гриник, 1999). Такий тип розташування дерев та високий рівень біорізноманіття притаманний і деревостанам клена-явора (Пукман, Гриник, 2013).

Просторове розміщення особин впливає на структуру нагромадження щільності вуглецю у стовбуровій фітомасі деревостану. Зокрема, розподіл запасу за вертикальними горизонтами та

горизонтальним розміщенням дерев добре корелює із щільністю вуглецю. Нагромадження вуглецю у стовбуровій частині дерева залежить, насамперед, від деревного виду та його кількісних ознак – діаметра, висоти, об'єму (Ciais et al., 2008). За результатами досліджень (Keeton et al., 2010), в ялиново-ялищевих насадженнях Горган щільність вуглецю стовбурової деревини становить в межах 220-260 тС/га. Для деревостанів Східних Бескид (Львівська обл.) максимальна щільність вуглецю у буково-дубових деревостанах становить 407 тС/га, а в ялищеві-ялиново-букових – 372 тС/га (Шпаківська, Марискевич, 2009).

За результатами наших досліджень для Горган, *Picea abies* нагромаджує до 130 тС/га, *Abies alba* – 56 тС/га, *Fagus sylvatica* – 28 тС/га. На території Сколівських Бескид запас вуглецю у старовікових деревостанах ялини становить 24 тС/га, ялиці – 98 тС/га, бука – 135 тС/га, що в середньому складає 250 тС/га.

Висновки (Conclusions). На підставі аналізу горизонтальної та вертикальної структур, індексів оцінки характеру просторового розташування дерев та видового різноманіття встановлено, що досліджувані лісостани є складними за будовою, мішаними за складом деревостану, із переважаючими випадковим або біогруповим типами розміщення дерев. Структурні особливості деревостану доцільно використовувати як індикатор для оцінювання екологічного різноманіття та стабільності екосистеми. Розподіл дерев за діаметром як для деревостанів ПЗ «Горгани», так і для НПП «Сколівські Бескиди» добре описує бімодальний розподіл, що вказує на їхню гетерогенність. Розподіл кількості дерев за вертикальними горизонтами, що ростуть на цих територіях, є неоднаковим: у верхньому ярусі зосереджено від 35 до 55% дерев, у середньому – від 20 до 30%, у нижньому – 25-40%. За видовим співвідношенням у старовікових деревостанах ПЗ «Горгани» у всіх ярусах переважає ялина європейська (від 60 до 80%), тоді як ялиця біла становить від 15 до 30%, а бук лісовий лише близько 5%.

Для насаджень НПП «Сколівські Бескиди» переважаючим деревним видом є *Fagus sylvatica*, де його відносна участь у всіх ярусах становить близько 60%. Участь у складі деревостанів інших двох лісотвірних деревних видів – *Picea abies* та *Abies alba* становить близько 20%.

Щільність вуглецю стовбурової деревини старовікових насаджень залежить від складу основних деревних видів, що формують деревостан, і змінюється у межах від 220 до 260 тС/га. Максимальні значення щільності вуглецю (до 455 тС/га) спостережено у насадженнях НПП «Сколівські Бескиди», де їхній склад представлений 5-6 одиницями бука, 3-4 одиницями ялиці та 1-2 одиницями ялини із групово-випадковим типом розташування дерев.

Список літератури (References)

- Гриник, Г.Г. (1999). Просторова структура мішаних ялиново-буково-ялищевих деревостанів Бескидів. *Науковий вісник УкрДЛТУ*, 9(7), 55-62 [Hrynyuk, H. H. (1999). Spatial structure of mixed spruce-beech-fir stands of the Beskids. *Scientific Bulletin of Ukrainian State Forestry University*, 9(7), 55-62] (in Ukrainian)
- Клімук, Ю.В., Міскевич, У.Д., Якушенко, Д.М., Чорней, І.І., Буджак, В.В., ... Соломаха, Т.Д. (2006). *Природний заповідник «Горгани»*. Рослинний світ / за ред. В.А. Соломахи. Київ: Фітосоціоцентр [Klimuk, Y. V., Miskevich, U. D., Yakushenko, D. M., Chorney, I. I., Bujak, V. V., ... Solomakha, T. D. (2006). *Nature reserve "Gorgany". Plant world*. Kyiv: Phytosocial Center. Retrieved from http://www.library.univ.kiev.ua/ukr/elcat/new/detail.php3?doc_id=1164938] (in Ukrainian)
- Крамарець, В.О., Бандерич, В.Я., Башта, А.-Т.В., Дубина, Я.І., Кепеняк, Н.М., Климович, А.М., ... Хосцький, П.Б. (2019). *Національний природний парк «Сколівські Бескиди»*. Львів: ЗУКЦ [Kramarets, V. O., Banderych, V. Ya., Bashta, A.-T. V., Dubyna, Y. I., Kepyak, N. M., Klymovych, A. M., ... Khoetskyi, P. B. (2019). *"Skolivski Beskydy" National Nature Park*. Lviv: ZUKTS] (in Ukrainian)
- Лакида, П.І. (2002). *Фітомаса лісів України*. Тернопіль: Збруч [Lakida, P. I. (2002). *Phytomass of the forests of Ukraine*. Ternopil: Zbrutch] (in Ukrainian)
- Пукман, В.В., Гриник, Г.Г. (2013). Просторова структура та біорізноманіття явірників Українських Карпат. *Науковий вісник УкрДЛТУ*, 23(12), 58-67. [Pukman, V. V., & Hrynyuk, H. H. (2013). Spatial structure and biodiversity of maple-sycamore stands in the Ukrainian Carpathians. *Scientific Bulletin of Ukrainian State Forestry University*, 23(12), 58-67. Retrieved from https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2013/23_12/index.htm] (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/issue/view/12>] (in Ukrainian)
- Токар, О.Є., Король, М.М., Густі, М.І. (2021). Оцінювання запасів вуглецю у фітомасі лісових насаджень заповідних територій Українських Карпат. *Науковий вісник НЛТУ України*, 31(5), 42-46. [Tokar, O. Ye., Korol, M. M., & Gusti, M. I. (2021). Estimation of carbon stocks in phytomass of forest stands of protected areas in the ukrainian carpathians. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 31(5), 42-46. <https://doi.org/10.36930/40310506>] (in Ukrainian)
- Шпаківська, І.М., Марискевич, О.Г. (2009). Оцінка запасів органічного вуглецю в лісових екосистемах Східних Бескидів. *Лісівництво і агролісомеліорація*, 115, 176-180. [Shpakivska, I. M., &

- Maryskevych, O.G. (2009). Estimation the reserves of organic carbon in the forest ecosystems of Eastern Beskydy. *Forestry and Forest Melioration*, 115, 176-180. Retrieved from <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/16438> (in Ukrainian)
- Baycheva-Merger, T., & Wolfslehner, B. (2016). Evaluating the implementation of the Pan-European Criteria and indicators for sustainable forest management – A SWOT Analysis. *Ecological Indicators*, 60, 1192-1199. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.09.009>
- Castañeda, F. (2000). Criteria and indicators for sustainable forest management: International processes, current status and the way ahead. *Unasylva*, 51(203), 34-40. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/285783828_Criteria_and_indicators_for_sustainable_forest_management_International_processes_current_status_and_the_way_ahead
- Cherniavskiy, M.V. (2021). Research of virgin forest in Nature Reserve “Gorgany”. The Main Problems and Trends in the Development of Protected Areas in the Ukrainian Carpathians. Proceedings of the International Scientific Practical Conference dedicated to the 25th anniversary of the Gorgany Nature Reserve establishment. (Nadvirna, Ukraine, 16-17th September 2021). – Ivano-Frankivsk: Symphony forte
- Ciais, P., Schelhaas, M., Zaehle, S., Piao, S.L., Cescatti, A., Liski, J., ... Nabuurs, G.J. (2008). Carbon accumulation in European forests. *Nature Geoscience*, 1, 425-429. <https://doi.org/10.1038/ngeo233>
- Diggle, P.J. (2013). *The statistical analysis of spatial point patterns*. London: Academic Press
- Gadow, K., Hui, G., Chen, B. W., & Albert, M. (2003). Beziehungen zwischen Winkelmaß und Baumabständen. *Forstwissenschaftliches Centralblatt*, 122, 127-137 [Gadow, K., Hui, G., Chen, B. W., & Albert, M (2003). Relationships between angular measure and tree distances. *Forest Science Centralblatt*, 122, 127-137. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0337.2003.00127.x>] (in German)
- Gadow, K. (2001). *Waldwachstum*. Fakultät für Forstwissenschaften und Waldökologie Georg-August-Universität Göttingen [Gadow, K. (2001). *Forest growth*. Faculty of Forest Sciences and Forest Ecology Georg-August University of Göttingen] (in German)
- Grassi, G., House, J., Dentener, F., Federici, S., Elzen, L., & Penman, J. (2017). The key role of forests in meeting climate targets requires science for credible mitigation. *Nature Climate Change*, 7, 220-226. <https://doi.org/10.1038/nclimate3227>
- Hlásny, T., Barka, I., Kulla, L., Bucha, T., Sedmák, R., & Trombik, J. (2017). Sustainable forest management in a mountain region in the Central Western Carpathians, northeastern Slovakia: the role of climate change. *Regional Environmental Change*, 17(1), 65-77. <http://dx.doi.org/10.1007/s10113-015-0894-y>
- Isbell, F., Craven, D., Connolly, J., Loreau, M., Schmid, B., & Beierkuhnlein, C. (2015). Biodiversity increases the resistance of ecosystem productivity to climate extremes. *Nature*, 526, 574-577. <https://hdl.handle.net/1887/55383>
- Keeton, W.S., Chernyavskyy, M., Gratzer, G., Main-Knorn, M., Shpylchak, M., & Bihun, Y. (2010). Structural characteristics and aboveground biomass of old-growth spruce-fir stands in the eastern Carpathian Mountains, Ukraine. *Plant Biosystems*, 144(1), 148-159. <https://doi.org/10.1080/11263500903560512>
- Lakida, P., Nilsson, S., & Shvidenko, A. (1996). Estimation of forest phytomass for selected countries of the former European U.S.S.R. *Biomass and Bioenergy*, 11(5), 371-382.
- Lindner, M., Maroschek, M., Netherer, S., Kremer, A., Barbati, A., & Garcia-Gonzalo, J., ... Marchetti, M. (2010). Climate change impacts, adaptive capacity, and vulnerability of European forest ecosystems. *Forest Ecology and Management*, 259(4), 698-709. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.09.023>
- Nabuurs, G.-J., Verkerk, P.J., Schelhaas, M.-J., Olabaria, J.R.G., Trasobares, A., & Cienciala, E. (2018). *Climate-Smart Forestry: mitigation impacts in three European regions*. Retrieved from <https://efi.int/publications-bank/climate-smart-forestry-mitigation-impacts-three-european-regions>
- Pretzsch, H. (2001). *Modellierung des Waldwachstums*. Berlin: Parey Buchverlag
- Tokar, O., Lesiv, M., & Korol, M. (2014). Information technology for studying carbon sink in stemwood of forest ecosystems. *ECONTECHMOD: An International Quarterly Journal on Economics of Technology and Modelling Processes*, 3(1), 113-120. Retrieved from <https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-58c7770a-e79c-4bdf-a060-c828823f5301>

The structure and stem carbon of natural forest stands in the protected territories of the Ukrainian Carpathians

M. Korol¹, O. Tokar², M. Gusti³, S. Portakh⁴,
B. Nagornyak⁵, V. Pryndak⁶, V. Zeman⁷, V. Kramarets⁸

Results of the study of the spatial structure of primary forest stands and carbon stock in living biomass of the stands are presented. The spatial structure of the forest stands, being the result of the processes of growth and development of forest stands in a system of complex interactions, has a major impact on the formation of the adaptive potential of the forests. At the same time, studying the peculiarities of the spatial structure of forest stands in the context of the effectiveness of providing ecosystem services, it should be noted that increasing the resilience and adaptive potential of forests to extreme climatic events and natural disturbances is an important element of the sustainable development of mankind.

The principles of forest management in the Ukrainian Carpathians must meet the pan-European criteria and indicators of sustainable forest management, as well

as the principles of “climate-smart forestry”. Where climate-smart forestry is the newest form of sustainable forest management aimed at effective management in the face of global climate change.

Carbon stock in the stems in the forest stands is estimated for each tree of the test plot using tree species specific wood density. Spatial and age structure, and growing stock of the forest stands were determined on circular test plots with a fixed area of 500 m². The coordinates of the centers of the plots were estimated with a GPS navigator. The vertical structure of the forest stands is estimated as a share of forest vegetation occupied by respective layer. The horizontal structure of the forest stands is estimated applying such indicators as location of trees (positioning) on the test plots, variability of tree diameters and heights. Species diversity is estimated with the Shannon index (E) and the tree differentiation index (T). The type of tree location is estimated based on the analysis of such indices as Clark-Evans index (R) and its modification according to Donnelly, the angular index (W).

The study found that the main forest-forming species in the protected areas are local, namely beech, fir, and spruce. Differentiation of trees by degrees of thickness follows a bimodal distribution and high variability in diameter and height is observed that indicates the heterogeneity of the parameters. Vertical distribution of the growing stock is not uniform and the upper layer on average contains about 80% of the total growing stock and about 40% of the total number of trees per ha. The horizontal allocation of the trees is random, and the differentiation index is high, more than 0.60 by diameter. Carbon density in the studied forest stands ranges from 170 t/ha to 250 t/ha with the greatest amount in the first horizontal layer.

Key words: spatial structure of forest stand; differentiation of trees; carbon sequestration; stem carbon

density; growing stock dynamics; tree species diversity; forest-forming species.

- ¹ *Mykola Korol* – PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor of 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>
- ² *Olha Tokar* – PhD in Technical Sciences, Associate Professor of the Department of International Information. Lviv Polytechnic National University, 12 S. Bandery st., Lviv, 79013, Ukraine. Tel.: +38-066-270-11-40. E-mail: tokarolya@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9428-2472>
- ³ *Mykola Gusti* – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of International Information. Lviv Polytechnic National University, 12 S. Bandery st., Lviv, 79013, Ukraine. Tel.: +38-067-169-02-71. E-mail: kgusti@yahoo.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2576-9217>
- ⁴ *Stepan Portakh* – Assistant of the Department of Forest Taxation and Forest Management. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: +38-0685045265. E-mail: portakh@ntu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5172-6640>
- ⁵ *Bohdan Nagornyak* – Assistant at the Department of Forest Taxation and Forest Management. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: +38-068-536-42-42. E-mail: bnahornjak@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-1184-6375>
- ⁶ *Vasyl Pryndak* – Director of the Skolivski Beskydy NPP, 3 Knyazya Svyatoslava st., Skole, Lviv region, 82600, Ukraine. Tel.: +38-095-632-61-64. E-mail: pryndak@ukr.net
- ⁷ *Vitaly Zeman* – Director of the Boykivshchyna NPP, 32 Voiniv UPA st., vil. Borynya, Lviv region, 82547, Ukraine. Tel.: +38-032-260-04-08. E-mail: npp_bojkivschuna@ukr.net
- ⁸ *Volodymyr Kramarets* – Corresponding Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of 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>



УДК 630*5

Зміни у структурі лісового фонду ДП «Рахівське лісове дослідне господарство» з інтервалом у 70 років

С.І. Миклуш¹, Ю.С. Миклуш², Ю.М. Дебринюк³, Р.М. Приступа⁴

За лісовпорядними матеріалами Рахівського лісгоспу 1951-52 рр. та ДП «Рахівське лісове дослідне господарство» станом на 01.01.2021 р. з'ясовано особливості польових і камеральних лісовпорядкувальних робіт, які визначені нормативними матеріалами відповідного періоду та проаналізовано зміни у розподілі вкритих лісовою рослинністю ділянок за деревними видами, класами бонітету та відносними повнотами, особливості вікових змін насаджень переважаючих деревних видів.

Нормативні матеріали аналізованих періодів різняться підходами щодо виділення категорій лісів відповідно до виконання ними функцій, формування господарських частин і господарських секцій. Відмінними також є методичні засади обґрунтування обсягів заготівлі деревини під час проектування рубок головного користування та застосування способів рубок.

За аналізований проміжок часу у лісовому фонді підприємства збільшилась площа інтродукованих деревних видів та видове різноманіття як твердолистяних, так і м'яколистяних видів, що може бути зумовлено як господарськими заходами, так і змінами клімату.

Відзначено значне зменшення площі насаджень ялиці білої – з майже 400 до 61 га та збільшення більше, ніж на 1,4 тис га, площі букових насаджень, що, ймовірно, зумовлено характером лісгосподарських заходів, біоекологічними особливостями деревних видів та зміною клімату, а також передачею окремих ділянок новоутвореному природоохоронному об'єкту. Відзначено збільшення площ продуктивних ялинових насаджень та підвищення середнього класу бонітету насаджень основних деревних видів. Середній клас бонітету ялинових насаджень підвищився з I^a,6 до I^b,8, ялицевих – з I^a,7 до I^a,2, модринових – з I^a,0 до I^b,3, букових – з 1,9 до 1,2. Також збільшились середні запаси деревостанів. Зокрема, середні запаси ялинових насаджень збільшились на 15%, а букових – більше ніж у два рази. Поряд з цим, інтенсивне ведення лісового господарства в останні роки позначилось на зниженні середньої відносної повноти насаджень хвойних деревних видів.

Ведення лісового господарства в гірських лісах регіону, орієнтоване на виконання ними захисних і рекреаційно-оздоровчих функцій, позначилось на обсягах заготівлі деревини, які зменшено, порівняно з лісовпорядкуванням 50-их років минулого століття, більше ніж у чотири рази.

Ключові слова: гірські ліси; нормативні матеріали; лісівничо-таксаційні показники; розрахункова лісосіка.

¹ Миклуш Степан Іванович – академік Лісівничої академії наук України, доктор сільськогосподарських наук, професор, директор ННІ лісового і садово-паркового господарства, професор кафедри лісової таксації та лісовпорядкування. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: 032-237-10-45, +38-067-791-36-77. E-mail: msi_s@ukr.net ORCID: 0000-0002-9762-1190

² Миклуш Юрій Степанович – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри лісової таксації та лісовпорядкування. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: 032-239-27-46, +38-067-750-38-26. E-mail: y.myklush@nltu.edu.ua ORCID: 0000-0002-1940-1045

³ 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: debrynyuk_ju@ukr.net ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0994-349X>

⁴ Приступа Роман Володимирович – провідний інженер ДП «Рахівське лісове дослідне господарство», вул. Хмельницького, 3, м. Рахів, Закарпатська обл., 295800, Україна. Тел.: +38-067-312-97-99. E-mail: prystupa@gmail.com ORCID: 0009-0004-6145-9840

Вступ (Introduction). Організація лісового господарства в Україні повинна забезпечувати його ведення на засадах сталого розвитку з урахуванням природних та економічних умов, видового складу лісів, їхнього цільового призначення. Усі заходи з організації лісового господарства планують під час упорядкування лісів підприємства. Важливим підсумковим документом лісовпорядкування є «Проект організації та розвитку лісового господарства підприємства», в якому, з урахуванням стану та перспектив економічного і соціального розвитку регіону, визначають та обґрунтовують основні напрями ведення господарства.

Виділення окремих категорій лісових ділянок у лісовому фонді підприємства, оцінювання лісівничо-таксаційних показників насаджень і стану лісових ресурсів, планування лісівничих заходів і багатоцільового використання лісових ресурсів в об'єкті лісовпорядкування здійснюють відповідно до вимог законодавства та нормативно-довідкових матеріалів (Лісовий кодекс, 2006; Порядок поділу..., 2007; Швиденко та ін., 1987; Правила поліпшення..., 2007; Правила рубок..., 2009; Санітарні правила..., 2016; Білоус та ін., 2020; Про затвердження порядку..., 2021 та ін.).

Під час проектування лісгосподарських заходів важливо враховувати досвід ведення господарства у попередні роки, що дає змогу уникнути похибок, які могли б бути допущені. За умов зміни клімату це особливо важливо для гірських лісів, які виконують різнопланові функції, однією із найважливіших з яких є захисна.

В останні десятиріччя у науковій літературі активно обговорюють питання впливу зміни клімату на ріст насаджень та їхню структуру (Albrich, Rammer, & Seidl, 2020; Bolte et al., 2010; Hartl-Meier, Dittmar, Zang, & Rothe, 2014; Pretzsch et al., 2014), але практично відсутні літературні джерела, які висвітлюють характер зміни структури лісового фонду та лісівничо-таксаційних показників за тривалий, 50-70-річний період.

Аналіз підходів до ведення господарства та запроектовані 70 років тому заходи дають змогу виявити зміни у структурі насаджень та розподілі земель лісового фонду за категоріями лісів, а їх урахування під час проектування лісгосподарських заходів сприятиме формуванню високопродуктивних і біотично стійких насаджень, збереженню біорізноманіття та ефективному багатоцільовому використанню лісових ресурсів.

Мета роботи – проаналізувати особливості змін у структурі лісового фонду та основних лісівничо-таксаційних показників насаджень у гірських умовах, запропонувати шляхи формування насаджень, що забезпечать ефективне виконання їхніх цільових функцій.

Об'єкти і методика дослідження (Objects and methodology of the study). *Об'єкт дослідження* – лісовий фонд ДП «Рахівське лісове дослідне господарство» та особливості змін, що склались у структурі вкритих лісовою рослинністю лісових діля-

нок за майже 70-річний період господарювання. *Предмет дослідження* – структура лісових ділянок лісового фонду ДП «Рахівське лісове дослідне господарство», лісівничо-таксаційні показники насаджень та їхня зміна за 70-річний період.

Клімат району розташування лісгоспу помірно-континентальний, вологий – у гірському лісовому поясі і помірно теплий вологий – у долині р. Тиса. Район характеризується певними особливостями мікроклімату залежно від висоти над рівнем моря, експозиції схилів і рельєфу.

За даними метеостанції в м. Рахів у 1952 р. середньорічна температура повітря становила 6,8°C (максимальна +35°C, мінімальна -32°C), а середньорічна кількість опадів – 1167 мм (Проект..., 1952). За даними відкритих джерел інформації, в околицях м. Рахова середньорічна температура повітря у 1952 р. становила +7,2°C, а в 2021 році – +8,2°C, хоча в матеріалах лісовпорядкування зазначено, що у 2020 р. середньорічна температура повітря становила +6,9°C (максимальна +30,7°C, а мінімальна -29,4°C), а середньорічна кількість опадів – 1176 мм (Пояснювальна записка..., 2021).

Найпоширенішими ґрунтами в районі розміщення лісгоспу є бурі гірсько-лісові суглинисті, різної потужності зі значним вмістом щєбню, піску і каменю.

У районі переважають (68,7%) стрімкі схили (21-30° південних і 21-35° – північних експозицій).

Наведені у матеріалах лісовпорядкування основні лісівничо-таксаційні показники насаджень встановлено за загальновідомими таксаційними методиками. Типологічні одиниці встановлено відповідно до рекомендацій Д.В. Воробйова (1953) за закономірними зв'язками між рослинністю, ґрунтом і кліматом. Перелік типів лісу у гірських умовах наведено за результатами досліджень П.С. Погребняка (1968), П.І. Молоткова (1972), З.Ю. Герушинського (1996). Класи бонітету деревостанів встановлено за бонітетною шкалою М.М. Орлова (Швиденко та ін., 1987).

За лісовпорядними матеріалами Рахівського лісгоспу 1951-1952 рр. та ДП «Рахівське лісове дослідне господарство» станом на 01.01.2021 р. проаналізовано зміни у характері розподілу вкритих лісовою рослинністю ділянок за деревними видами, класами бонітету та відносними повнотами, особливості вікових змін насаджень основних деревних видів і типологічну структуру лісових ділянок. Зміни у лісовому фонді та відмінності між таксаційними показниками деревостанів встановлено порівняльним методом.

Результати (Results). Станом на 01.01.2021 р. загальна площа лісового фонду, на якій веде господарську та природоохоронну діяльність ДП «Рахівське лісове дослідне господарство» становить 38507,6 га. Лісовпорядкуванням 1951-1952 рр. у Рахівському лісгоспі із загальної площі 58926 га до лісової віднесено 80,7%, а вкриті лісовою рослинністю землі становили 41230 га (76,5%). Зменшення загальної площі лісового фонду лісгоспу зумовле-

не створенням природоохоронних об'єктів та упорядкуванням структури лісогосподарських підприємств області для забезпечення ефективного лісоуправління.

У лісгоспі, відповідно до лісовпорядної інструкції 1951 р., виділено дві групи лісів. До лісів I групи віднесено ліси зеленої зони радіусом 5 км навколо окружного центру (м. Рахів) та захисні 500-метрові смуги вдовж гірських пасовищ з такими площами господарських частин: зеленої госпчастини – 2820 га та захисної приполонинної госпчастини – 4886 га. У лісах II групи було виділено три господарські частини: спецгоспчастина вдовж залізничних доріг на площі 5350 га; спегоспчастина¹ на площі 31981 га; полонини на площі 8989 га (Проект..., 1952). У зеленій госпчастині частка

вкритих лісовою рослинністю земель була найменшою (73,3%), а в приполонинних лісах – найбільшою (99,6%). Відповідно до вимог чинної на той час лісовпорядної інструкції, виділено хвойне господарство за переважання насаджень ялини європейської (33622 га), ялиці білої (395 га) та модрина європейської, які охоплювали 82,7% вкритих лісовою рослинністю земель, а також листяне господарство за переважання у складі насаджень бука лісового (7146 га), дуба звичайного і горіха грецького (табл. 1). Експериментальні однорічні лісові культури дуба звичайного та горіха грецького було створено на площі 1,0 та 3,0 га відповідно, а чисті культури модрина європейської віком 130 років площею 3,0 га були представлені однією ділянкою в урочищі Буркут (Рахівське лісництво).

Таблиця 1. Розподіл площ вкритої лісовою рослинністю ділянок за деревними видами за даними лісовпорядкування 1951-1952 років

Table 1. The distribution of forested area by tree species according to the forest inventory data of 1951-1952

Деревний вид	Господарські частини				Разом	Частка, %
	спецчастина	вдовж залізничних шляхів	приполонинна	зелена		
Ялина європейська	27692	1842	3671	477	33682	81,7
Ялиця біла	136		74	185	395	1,0
Модрина європейська	–	–	–	3	3	–
<i>Разом хвойних</i>	<i>27828</i>	<i>1842</i>	<i>3745</i>	<i>665</i>	<i>34080</i>	<i>82,7</i>
Бук лісовий	1459	3171	1119	1401	7150	17,3
Горіх грецький	3	–	–	–	3	–
Дуб звичайний	1	–	–	–	1	–
<i>Разом листяних</i>	<i>1463</i>	<i>3171</i>	<i>1119</i>	<i>1401</i>	<i>7150</i>	<i>17,3</i>
Всього, га	29287	5013	4864	2066	41230	
Частка, %	71,0	12,2	11,8	5,0	100,0	

Відповідно до встановленого віку рубки 81-100 років у хвойних насадженнях та 101-120 років – у букових, здійснено розподіл площ лісових ділянок підприємства за групами віку згідно, якого молодняки в ялинових насадженнях становили 36,1% (у букових – 25,5%), а стиглі та перестійні ялинові насадження – 33,8% (букові – 65,2%).

Базовим лісовпорядкуванням 2020 р. приведено у відповідність до чинних нормативів (Лісовий кодекс України, 2006; Порядок поділу..., 2007) поділ земель лісового фонду ДП «Рахівське лісове дослідне господарство» на категорії лісів (табл. 2).

Площа вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок становить 35358,4 га. Переважають захисні ліси, які охоплюють 41,5% загальної площі лісгоспу, тоді як експлуатаційні ліси займають третину площ підприємства.

¹ Спеціальна господарська частина включала експлуатаційні ліси підприємства. Вони знаходились у 30-кілометровій прикордонній смузі

У матеріалах лісовпорядкування станом на 01.01.2021 року в межах категорій лісів здійснено розподіл лісового фонду підприємства за господарськими частинами, господарствами та господарськими секціями. Ліси природоохоронного, наукового, історико-культурного призначення охоплюють вкриті лісовою рослинністю лісові ділянки на площі 4278,8 га, де переважають ялинові деревостани (корінні – на площі 2651,4 га та похідні – на площі 261,8 га). Насадження за участю бука лісового ростуть на площі 1300,2 га. У господарській частині «Ліси природоохоронного призначення з особливим режимом користування в горах» представлені насадженнями модрина європейської, ялиці білої, дуба звичайного, граба звичайного, дуба червоного та вільхи сірої ділянками, площа яких не перевищує 33 га.

У лісових масивах рекреаційно-оздоровчих лісів виділено дві господарські частини – рекреаційно-оздоровчі ліси з особливим (3442,2 га) та з обмеженим (1369,2 га) режимами користування в

горах. У рекреаційно-оздоровчих лісах з особливим режимом користування в горах найбільшими площами представлена ялинова господарська секція (1994,3 га), а в лісах з обмеженим режимом користування – букова (1195,8 га). У цих господарських частинах також представлені незначними площами насадження модрина європейської та сосни звичайної, ялиці білої, клена-явора, ясена звичайного, граба звичайного, дуба червоного, осики, вільхи сірої, липи дрібнолистої, верби ламкої.

Таблиця 2. Категорії лісів підприємства та виконувани ними функції

Table 2. The categories of forests of the enterprise and the functions performed by them

Категорії лісів та виконувани ними функції	Площа	
	га	%
Ліси природоохоронного, наукового, історико-культурного призначення		
Біосферні заповідники (буферна зона)	1461,0	3,8
Біосферні заповідники (зона антропогенних ландшафтів)	2244,0	5,8
Пам'ятки природи	711,8	1,9
Заказники	15,5	–
Разом по категорії лісу	4432,3	11,5
Рекреаційно-оздоровчі ліси		
Ліси І і 2 зон округів санітарної охорони лікувально-оздоровчих територій	692,0	1,8
Лісопаркова частина лісів зелених зон	359,7	0,9
Лісогосподарська частина лісів зелених зон	1414,0	3,7
Рекреаційно-оздоровчі ліси поза межами зелених зон	2736,0	7,1
Разом по категорії лісу	5201,7	13,5
Захисні ліси		
Ліси протиерозійні	12331,1	32,0
Ліси вздовж берегів річок, навколо озер, водоймищ	3648,7	9,5
Разом по категорії лісу	15979,8	41,5
Експлуатаційні ліси		
Експлуатаційні ліси	12893,8	33,5
Всього по лісгоспу	38507,6	100,0

У захисних лісах також виділено дві господарські частини – захисні ліси з особливим (11624,4 га) та обмеженим (3089,5 га) режимами користування в горах. В обох господарських частинах переважають насадження ялини європейської, частка якої за

площею у захисних лісах з особливим режимом користування перевищує 81%, а в захисних лісах з обмеженим режимом користування становить 51% від площі насаджень госпчастини.

В експлуатаційних лісах сформовано господарську частину – експлуатаційні ліси в горах, де в межах чотирьох (хвойне, твердолистяне, м'яколистяне, інші деревні види) господарств виділено дев'ять господарських секцій. У хвойному господарстві виділені такі господарські секції: соснову (включає насадження модрина європейської на площі 6,0 га); ялинову І класу бонітету і вище (9012,2 га); ялинову ІІ класу бонітету і нижче (258,1 га); ялицеву І класу бонітету і вище (12,4 га). Твердолистяне господарство представлене господарськими секціями бука лісового (1797,8 га) та клена-явора (5,6 га), а м'яколистяне – осиковою господарською секцією, яка включає також насадження вільхи сірої на площі 1,9 га. Насадження псевдотсуги Мензіса (3,0 га) формують ялицеву І класу бонітету і вище господарську секцію у господарстві інших деревних видів.

Відповідно до виконаного лісовпорядкуванням 1951-1952 рр. розподілу земель лісового фонду лісгоспу за типами лісорослинних умов встановлено, що умови C_2 і C_3 характерні для 63,6 і 36,2% площ відповідно, а на площі 67 га сформувались сирі умови (C_4). Лише ялинові насадження поширені в усіх типах лісорослинних умов.

Під час лісовпорядкувальних робіт у 2020 р. в умовах підприємства виділено 13 букових, шість ялинових, по два – ялицевих і вільхових типи лісу. Найбільшу площу охоплює волога буково-ялицева сушмеречина (C_3 -*бк-яцСм*) – 18458,1 га; букові насадження представлені значно меншою площею в умовах вологої смереково-ялицевої субучини (C_3 -*см-яцБк*) – 1752,3 га. Насадження ялиці білої 70 років тому займали площу майже 400 га, а за даними лісовпорядкування 2020 р. їхня площа становить лише трохи більше 61 га, а ялицеві типи лісу виділено лише на площі 34,7 га. Необхідно відзначити, що значна частина площ насаджень за участю ялиці білої та ялини європейської була передана наприкінці минулого століття створеному природоохоронному об'єкту.

За матеріалами лісовпорядкування 50-их років найвищою продуктивністю характеризувалися хвойні деревостани, а найбільший середній клас бонітету виявлений у насадженнях модрина європейської – $I^a,0$ та дещо менший – в ялинових насадженнях – $I^a,6$ (табл. 3). Найвищою продуктивністю характеризувалися хвойні насадження у спецгоспчастині, де середній клас бонітету ялинових насаджень становив $I^a,4$, а ялицевих – $I^a,2$; у приполонинних лісах їхні середні класи бонітету становили $II,0$ та $1,7$ відповідно. Букові насадження у лісах спецгоспчастини також характеризувалися високими значеннями середнього класу бонітету – $I,0$, а найнижчими – у приполонинних лісах ($II,5$) за середнього на підприємстві $I,9$.

Таблиця 3. Розподіл вкритих лісовою рослинністю ділянок лісгоспу за класами бонітету, га
 Table 3. The distribution of forested areas of the forestry enterprise by site indices, ha

Деревний вид	Класи бонітету					Середній клас бонітету	Класи бонітету					Середній клас бонітету										
	1 ^b	1 ^a	1	2	3		4	4	3	2	1		1 ^a	1 ^b вище								
За даними лісовпорядкування 1951-52 років																						
Сосна звичайна	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,1	-	-	1,1	2,0				
Ялина європейська	3998	10662	13495	3545	1912	70	33682	1 ^{a,6}	-	-	-	-	-	1856,0	240,2	11,1	26372,4	1 ^{b,8}				
Ялиця біла	9	150	175	51	10	-	395	1 ^{a,7}	-	-	-	-	-	15,0	-	-	61,9	1 ^{a,2}				
Модрина європейська	-	3	-	-	-	-	3	1 ^{a,0}	-	-	-	-	-	7,0	-	-	20,2	1 ^{b,3}				
Бук лісовий	-	133	1158	4718	1157	-	7146	1,9	-	-	-	-	-	1318,4	4016,0	2971,3	8547,9	1,2				
Горіх грецький	-	-	3	-	-	-	3	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Дуб звичайний	-	-	1	-	-	-	1	1,0	-	-	-	-	-	0,9	1,6	-	2,5	1,6				
Дуб червоний	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12,9	-	-	13,7	1 ^{b,9}				
Гراب звичайний	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,8	59,9	169,3	247,4	2,8				
Ясен звичайний	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,4	1,0	5,4	1,2				
Клен-явір	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,6	7,3	7,4	23,3	1 ^{a,9}				
В'яз шорсткий	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,7	-	-	0,7	1,0				
Осика	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,9	3,3	-	4,2	1,8				
Вільха сіра	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,0	21,9	12,6	45,2	1,5				
Липа дрібнолиста	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,8	2,5	7,3	2,3				
Верба ламка	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,8	-	-	0,8	1,0				
Сосна кедрова європейська	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5	-	-	0,5	1 ^{a,0}				
Псевдотсуга Мензіса	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,7	-	-	3,7	1 ^{b,0}				
Всього	4007	10948	14832	8314	3059	70	41230	1^{a,9}	-	-	-	-	-	11139,4	10376,4	8244,1	4919,0	647,4	29,0	2,9	35358,2	1^{a,2}
У відсотках	9,7	26,6	36,0	20,2	7,4	0,1	100	-	-	-	-	-	-	31,5	29,3	23,4	13,9	1,8	0,1	-	100	-

Хвойні деревостани, порівняно з буковими, характеризувалися значно вищими запасами. Так, середній запас найпоширеніших ялинових насаджень в умовах підприємства становив $378 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$, а середній запас ялицевих насаджень був ще більшими – $501 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$. Запас найпоширеніших серед листяних букових насаджень становив лише $237 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$, тобто він був більш ніж у два рази меншим, ніж ялицевих, і майже у півтори рази меншим, ніж ялинових насаджень. За матеріалами лісовпорядкування 1951-1952 рр. найвищою середньою відносною повнотою характеризувалися ялинові насадження – 0,75 (табл. 4). За найвищої повноти (0,81) формувалися ялинові насадження у господарській частині вздовж залізничних шляхів, що зумовлено їхнім наймолодшим віком, середнє значення якого становило 27 років. Необхідно відзначити, що в ялинових насадженнях спецгоспчастини середнє значення відносної повноти склало 0,74, проте на площі 2281 га росли насадження повнотою 1,0, а насадження на площі 9744 га характеризувалися відносною повнотою 0,80. Низькоповнотних ялинових насаджень з відносною повнотою 0,3-0,4 теж найбільше було зафіксовано у цій спецгоспчастині – 508 га із 536 га. Найнижчою середньою повнотою – 0,64 характеризувалися ялинові приполонинні ліси.

Таблиця 4. Розподіл площ найпоширеніших деревних видів за відносною повнотою

Table 4. Distribution of areas of the most common tree species by relative density

Деревний вид	Відносна повнота								Разом	Середня повнота
	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0		
За даними лісовпорядкування 1951-1952 років										
Ялина європейська	13	523	535	4571	10725	11116	3623	2576	33682	0,75
Ялиця біла	–	–	–	124	204	60	7	–	395	0,68
Бук лісовий	20	229	735	2258	2714	980	179	86	7146	0,61
Всього по лісгоспу	33	753	1272	6952	13643	12106	3809	2662	41230	0,74
Всього, %	0,1	1,8	3,1	16,9	33,1	29,4	9,2	6,5	100,0	
Станом на 01.01. 2021 року										
Ялина європейська	170,4	1305,4	1910,2	2037,4	8561,4	10751,4	1732,5	3,7	26372,4	0,72
Ялиця біла	–	–	20,9	9,7	23,6	7,7	–	–	61,9	0,63
Бук лісовий	152,7	419,8	1731,4	2239,7	2342,6	1564,6	93,2	3,9	8547,9	0,63
Всього по лісгоспу	330,3	1747,4	3718,8	4364,3	11000,8	12362,1	1826,9	7,6	35358,2	0,69
Всього, %	0,9	4,9	10,5	12,3	31,1	35,1	5,2	–	100	

За матеріалами лісовпорядкування 2020 р. найвищим значенням середньої відносної повноти (0,72) характеризуються ялинові насадження, але цей показник є дещо меншим, ніж 70 років тому. Незважаючи на це, необхідно зауважити, що за матеріалами лісовпорядкування 50-их років минулого століття відносними повнотами 0,7-0,9 характеризувалось 75,6% площ ялинових насаджень, а за даними лісовпорядкування 2020 року – 78,8%.

В ялицевих насадженнях за аналізований період разом зі зменшенням площ спостережено зменшення і їхньої середньої відносної повноти – з 0,68 до 0,63. Букові насадження в умовах регіону характеризуються найширшим розмахом відносних повнот – від 0,3 до 1,0 та найменш мінливими між господарськими частинами значеннями відносної повноти, яка незначно відрізняється від середньої по підприємству – 0,61 за матеріалами лісовпорядкування 50-их років минулого століття та 0,63 – за матеріалами лісовпорядкування 2020 року. Поряд з

цим, за матеріалами лісовпорядкування 50-их років найбільша частка площ букових насаджень (38,0%) характеризувалась відносною повнотою 0,7, а частка площ насаджень з повнотою 0,7 та більше становила 55,4%. Незважаючи на те, що за даними впорядкування 2020 р. частка площ букових насаджень з повнотою 0,7 також є найбільшою, проте вона зменшилась до 27,4%; частка площ насаджень з повнотою 0,7 та більше теж зменшилась на 8,6%.

За даними лісовпорядкування 1951-1952 рр., 15,7% площ насаджень підприємства характеризувались відносною повнотою 0,9-1,0, а за даними лісовпорядкування 2020 р. частка таких насаджень у три рази менша. Також лісовпорядкування 1951-1952 рр. виділило 2576 га ялинових насаджень з відносною повнотою 1,0, а за даними лісовпорядкування 2020 р. таких насаджень менше 5 га. Частка ялинових насаджень з відносною повнотою 0,9-1,0 зменшилась з 18,4% до 6,6%. Отже, можна зазначити, що 70 років тому були наявні

деревостани з вищою середньою відносною повнотою, яка в середньому для насаджень лісгоспу становила 0,74. Станом на 01.01.2021 р. середня повнота насаджень підприємства становить 0,69, що зумовлено інтенсивнішим в останні роки господарським впливом на деревостани, і не завжди цей вплив міг бути обгрунтованим.

Порівняння основних лісівничо-таксаційних показників насаджень за даними лісовпорядкування різних періодів вказує на певні особливості формування насаджень впродовж 70-річного періоду. Так, за цей період спостережено незначне збільшення середнього віку насаджень основних деревних видів (рис. 1). Зокрема, в ялинових насадженнях впродовж цього тривалого періоду середній вік збільшився лише на два роки, а в букових – на дев'ять років.

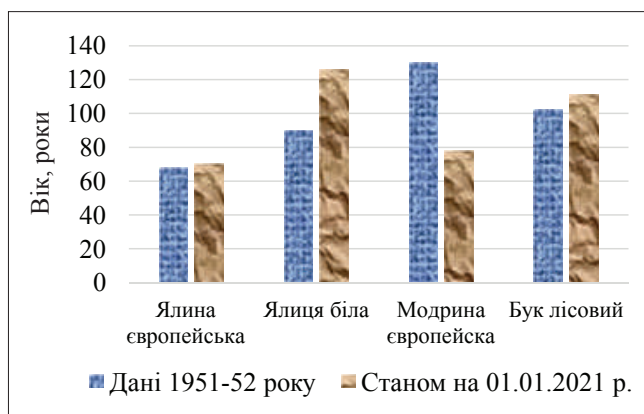


Рис. 1. Середній вік насаджень основних деревних видів

Fig. 1. Average age of stands of the main tree species

Найбільше підвищення середнього віку зафіксовано в ялицевих насадженнях (з 90 до 126 років), що зумовлено їхнім розташуванням у лісах природоохоронного, наукового та історико-культурного призначення.

Незважаючи на відносно невисоку середню повноту насаджень у 50-ті роки, вона за 70-річний період продовжувала знижувалась (рис. 2).

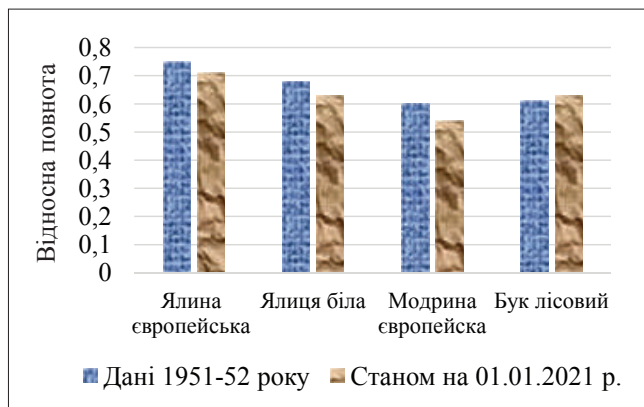


Рис. 2. Середні відносні повноти насаджень основних деревних видів

Fig. 2. Average relative density of stands of the main tree species

За даними лісовпорядкування 2020 р. лише букові насадження характеризуються вищою на 0,02 од. повнотою (0,63), ніж за даними впорядкування 50-их років.

Незначне зниження відносної повноти простежено у насадженнях хвойних деревних видів. Зокрема, відносна повнота в ялинових насадженнях знижена за аналізований період з 0,75 до 0,71, а в ялицевих – з 0,68 до 0,65. Вирощування насаджень за невисокої повноти суттєво позначається на загальних запасах і продуктивності насаджень.

Середній клас бонітету за 70-річний період в ялинових насадженнях підвищився з 1^а,7 до 1^б,9, модринових – з 1^а,7 до 1^б,3 та дещо менше в ялицевих – з 1^а,7 до 1^а,2 і в букових насаджень – з 1,9 до 1,2.

Поряд зі збільшенням площ букових насаджень, у два рази зросли їхні середні запаси – з 152 до 307 м³·га⁻¹ (рис. 3). При цьому, за даними лісовпорядкування 2020 р., середній запас стиглих і перестійних букових насаджень є ще більшим – 325 м³·га⁻¹. Також майже на 15% збільшились середні запаси ялинових насаджень – до 433 м³·га⁻¹, а середні запаси ялицевих насаджень, незважаючи на значне збільшення їхнього середнього віку, за цей час практично не змінились.

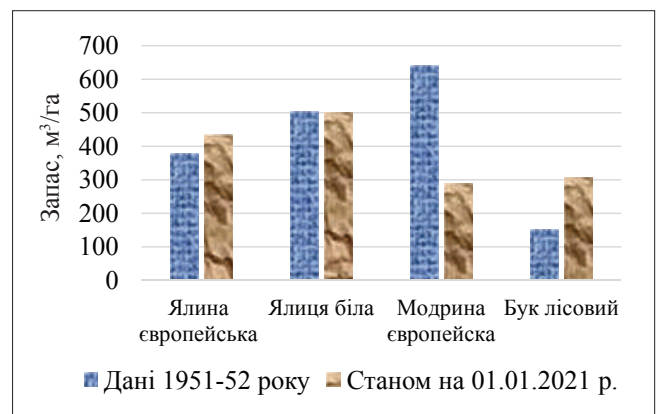


Рис. 3. Середні запаси насаджень основних деревних видів

Fig. 3. Average growing stocks of stands of the main tree species

Середні запаси модринових насаджень унаслідок зниження середнього віку зменшились, порівняно з даними лісовпорядкування 50-их років, більше ніж на половину – з 640 до 287 м³·га⁻¹, але середній запас стиглих і перестійних деревостанів є лише на 20% меншим, ніж 70 років тому і становить 518 м³·га⁻¹.

За даними лісовпорядкування 2020 р. насадження ялиці білої характеризуються середньою зміною запасу в 4,0 м³·га⁻¹, що на 1,9 м³·га⁻¹ менше, ніж за даними лісовпорядкування 1951-1952 років. Поряд зі збільшенням середніх запасів ялинових і букових насаджень, збільшились значення їхньої середньої зміни запасу, яка в ялинових насадженнях збільшилась на 0,4 м³·га⁻¹ і становить 6,2 м³·га⁻¹, а в букових – на 0,3 м³·га⁻¹ і сягає 2,8 м³·га⁻¹.

Значна потреба в деревині у 50-х роках минулого століття визначала підходи до обгрунтування

обсягів її заготівлі. Відповідно до чинних на той час нормативів, обсяги заготівлі деревини, тобто розрахункову лісосіку, було встановлено для ялинового та букового господарств другої групи лісів, де, як зазначено у проекті (Проект..., 1952), заготівлю деревини здійснювали з «особливого» дозволу. Збережені на значних площах стиглі і перестійні ялинові деревостани у спецгоспчастині були підставою для встановлення розміру заготівлі деревини в обсязі розрахункової лісосіки за стиглістю, а в букових насадженнях спецгоспчастини та у насадженнях спецгоспчастини вдовж залізничних шляхів за менших площ стиглих деревостанів – в обсязі вікової розрахункової лісосіки. Таким чином на ревізійний період з 01.01.1953 р. було запроєктовано щорічний розмір головного користування в ялинових насадженнях в обсязі 256550 м³ (398,8 га), а в букових – лише 27600 м³ на площі 85,7 га. Поряд з цим необхідно зазначити, що у 1949 р. у лісгоспі рубками головного користування було заготовлено та фактично відпущено 530,2 тис. м³ деревини, з яких 487,2 тис. м³ – ділова деревина. Відновлення лісосік заплановано здійснювати шляхом створення лісових культур.

У лісгоспі на ревізійний період з 2021 р. розрахункова лісосіка затверджена в обсязі 69,54 тис. м³ за запасом (150,6 га за площею), в якому обсяг ділової деревини рівний 51,09 тис. м³, тобто обсяг заготівлі деревини зменшено, порівняно з даними лісовпорядкування 50-х років, більше ніж у чотири рази. Заготівлю деревини запроєктовано здійснювати у рекреаційно-оздоровчих (1,04 тис. м³), захисних (0,96 тис. м³) та експлуатаційних (67,54 тис. м³) лісах із застосуванням суцільно-лісосічних, поступових та вибіркових рубок. В ялинових насадженнях заплановано заготовити 63,48 тис. м³ деревини суцільно-лісосічними рубками, що, на нашу думку, не зовсім відповідає сучасним тенденціям ведення лісового господарства, і вимагає поступового переходу до ширшого застосування поступових і вибіркових способів рубок головного користування.

Дискусія (Discussion). Порівнюючи підходи до виділення у лісовому фонді категорій лісів, що закладені в нормативних документах різних періодів щодо виконання лісостанами їхніх функцій та виділення окремих категорій лісових ділянок, необхідно відзначити під час лісовпорядкування 2020 р. зміщення акценту на забезпечення виконання лісами захисних і рекреаційно-оздоровчих функцій на відміну від поділу лісів на групи за їх приуроченістю до конкретних місць розташування, що застосовували під час впорядкування 1951 року. За даними лісовпорядкування 50-х років, у лісгоспі площа лісів першої групи, які забезпечували виконання захисних та оздоровчих функцій, становила 7706 га або 13,1% від вкритої лісовою рослинністю площі підприємства, а за даними впорядкування 2020 р. площа лісів, що виконують ці функції, перевищила 25 тис. га (66,5% від вкритої лісовою рослинністю ділянок).

У чинних на сьогодні нормативах запроваджено зміни у підходах до формування господарських

частин та господарських секцій. Останні виділяють незалежно від площі насаджень, тоді як лісовпорядкуванням 1951 р. не виділено господарських секцій, а площі і запаси насаджень деревних видів подано у розрізі господарств. Так, 70 років тому в лісових масивах підприємства виділено чотири господарські частини, а лісовпорядкуванням 2020 р. їх виділено вже шість, що дає змогу конкретизувати підходи щодо ведення господарства відповідно до виконуваних насадженнями функцій та забезпечити багатопільове ведення господарства.

Необхідно також зазначити, що за даними лісовпорядкування 2020 р. за 70-річний період площа букових насаджень зросла більше ніж на 1,4 тис. га. Основною причиною збільшення площ букових насаджень, ймовірно, є зміна клімату, що позитивно позначається на життєздатності бука лісового. Так, аналізуючи зміну структури мішаних лісів бука та ялини у напівприродному старовіковому ялиново-буковому лісі Смаланда (заповідник «Siggaboda» на півдні Швеції), Volte et al., (2010) відзначили зростання конкурентоспроможності бука лісового на його північній межі ареалу в Скандинавії через зміну клімату. У матеріалах лісовпорядкування 2020 р. також відзначено збільшення кількості інтродукованих деревних видів, зокрема, псевдотсуги Мензіса, дуба червоного, а також площ під модриною європейською і дубом звичайним, що може бути зумовлено пошуком шляхів підвищення продуктивності, цінності та біотичної стійкості гірських лісів. У цих матеріалах виділено господарські секції граба звичайного, клена-явора, ясена звичайного, осики, вільхи сірої, верби ламкої тощо. Можна припустити, що збільшення кількості листяних деревних видів, зокрема м'яколистяних, у букових типах лісу зумовлено, насамперед, відсутністю належного природного поновлення через триваліші періоди між насінними роками бука лісового внаслідок зміни клімату та запровадженням інтенсивних лісовогосподарських заходів. Більшість другорядних деревних видів формують насадження за їх переваги у складі переважно у букових типах лісу, зокрема площа грабових насаджень перевищує 200 га. Поряд з цим, не варто нехтувати впливом зміни клімату на плодоношення та ріст букових насаджень, особливо у нижньому гірському поясі, на що звертають увагу Dulamsuren et al. (2017). За аналізом приросту букових деревостанів на чотирьох ділянках у федеральній землі Баден-Вюртемберг, що розміщені на різних висотах над рівнем моря, дослідники встановили, що зниження річного приросту дерев бука на висотах 110-300 м н.р.м. зумовлене незначною кількістю опадів у квітні-травні, а на висоті 1230 м – низькими літніми температурами. Дослідники зауважують, що за умови подальшого потепління і посушливості клімату бук може постраждати в нижніх гірських районах Центральної Європи через зниження життєздатності і продуктивності, тоді як потепління для верхньої гірської частини буде мати позитивний ефект.

За даними лісовпорядкування 2020 р., порівняно з матеріалами 50-х років, спостережено збільшення

площ продуктивних ялинових насаджень та підвищення їхнього середнього класу бонітету. Так, більше ніж на 6 тис. га збільшилась площа ялинових насаджень, які характеризуються 1^b і вище класами бонітету, що значною мірою позначилося на підвищенні їхнього середнього класу бонітету з 1^a,6 до 1^b,8. Вищими середніми значеннями класу бонітету характеризуються також насадження ялиці білої та модрина європейської. За аналізований між періодами лісовпорядкування проміжок часу також збільшилась площа букових насаджень, які характеризуються I^a та I класами бонітету. Так, порівняно з даними лісовпорядкування 50-х років, площа букових насаджень I^a класу бонітету збільшилась більше ніж на 1,1 тис. га, а насаджень I класу бонітету – майже у 3,5 рази. Можна припустити, що підвищення температури повітря позначилося на зміні лісорослинних умов, що сприяло підвищенню продуктивності як хвойних, так і букових насаджень. На зміну лісорослинних умов вказує також і те, що лісовпорядкуванням 2020 р. виділено багаті типи лісу – бучини та смеречини, які лісовпорядкуванням 50-их років не виділяло. Цим можна пояснити зростання продуктивності та підвищення значень середнього класу бонітету аналізованих насаджень.

Одним із важливих шляхів підвищення продуктивності та стійкості гірських лісів в умовах зміни клімату є формування мішаних насаджень. Так, T. Hilmers et al. (2019) відзначають, що незважаючи на значне підвищення середньорічної температури і стабільні опади, середня продуктивність європейських гірських мішаних буково-ялицево-ялинових лісів істотно не змінилися за останні три десятиліття. Це дало підставу дослідникам констатувати, що зміна клімату, ймовірно, не впливає на продуктивність мішаних гірських лісів Європи, незважаючи на те, що кожен з деревних видів по різному реагує на ці зміни, тобто різноманітніший склад деревних видів може компенсувати, певною мірою, вплив кліматичних та антропогенних змін на ріст і продуктивність мішаних насаджень. Зокрема дослідники зазначають, що продуктивність букових насаджень у мішаних гірських лісах Європи залишалась стабільною або дещо збільшилась між 1980 і 2010 роками. Інші дослідники (Pretzsch, & Forrester, 2017) з'ясували, що в середньому мішані гірські ліси є на 20% продуктивніші порівняно з чистими насадженнями. M. Mina et al. (2018) також виявили, що у помірному поясі Європи букові мішані гірські насадження за участю ялини та ялиці є продуктивнішими та стійкішими порівняно з чистими.

Характерні зміни у структурі природних ялинових насаджень Українських Карпат впродовж тривалого періоду часу, а також чинники, що їх зумовлюють, ймовірність виникнення змін та можливі їхні наслідки проаналізовані низкою дослідників (Trotsiuk et al., 2014). Вони відзначають, що розуміння причин виникнення порушень у лісових екосистемах, зокрема їх тяжкості, частоти та особливостей просторової структури насаджень, дасть змогу забезпечити основу для управління ними та ефективного використання лісів.

Таким чином, аналіз зміни площ насаджень лісового фонду підприємства, насамперед збільшення площ букових насаджень та підвищення продуктивності насаджень основних деревних видів може бути зумовлено кліматичними змінами, що важливо враховувати під час формування продуктивних хвойних і листяних деревостанів в гірських лісах Карпат та їхнього багатоцільового використання.

Висновки (Conclusions). Впродовж аналізованого 70-річного періоду у лісовому фонді підприємства збільшилась кількість деревних видів, які представлені у лісовому фонді окремими господарськими секціями, зокрема, інтродукованих (дуба червоного, псевдотсуги Мензиса) та м'яколистяних.

Відзначено збільшення площ продуктивних ялинових і букових насаджень та підвищення середнього класу бонітету насаджень основних деревних видів. Середній клас бонітету ялинових насаджень підвищився з 1^a,6 до 1^b,8, ялицевих – з 1^a,7 до 1^a,2, модринових – з 1^a,0 до 1^b,3, букових – з 1,9 до 1,2. Порівняно з даними лісовпорядкування 50-х років, площа букових насаджень I^a класу бонітету збільшилась більш ніж на 1,1 тис. га, а насаджень I класу бонітету – майже у 3,5 рази. Збільшились середні запаси деревостанів основних деревних видів: ялини європейської – на 15%, бука лісового – більш ніж у два рази.

Основними причинами збільшення площ букових і м'яколистяних насаджень можуть бути як господарські заходи, так і зміни клімату, зумовлена підвищенням середньої температури повітря у регіоні майже на один градус за Цельсієм.

Інтенсивне ведення лісового господарства в останні роки позначилося на зниженні середньої відносної повноти насаджень хвойних деревних видів. Середня відносна повнота ялинових насаджень за аналізований період знизилась з 0,75 до 0,71, ялицевих – з 0,68 до 0,65. Букові насадження характеризуються середньою відносною повнотою 0,63, тобто на 0,02 більшою, ніж за матеріалами лісовпорядкування 1951-1952 років.

Ведення лісового господарства в гірських лісах регіону, орієнтоване на виконання ними захисних і рекреаційно-оздоровчих функцій, позначилося на обсягах заготівлі деревини, які зменшено, порівняно з даними лісовпорядкування 50-их років, більш ніж у чотири рази.

Перехід на ведення лісового господарства на засадах наближеного до природи лісівництва та формування мішаних деревостанів відповідно до типів лісу забезпечить вирощування високопродуктивних та біологічно стійких лісостанів у гірських умовах, виконання ними різнопланових функцій, насамперед захисних і рекреаційно-оздоровчих.

Список літератури (References)

- Білоус, А. М., Кашпор, С. М., Миронюк, В. В., Свинчук, В. А., Леснік, О. М. (2020). *Лісотаксаційний довідник* Дніпро: Ліра [Bilous, A. M., Kashpor, S. M.,

- Myronyuk, V.V., Svynchuk, V.A., & Lesnik, O.M. (2020). *Forest inventory reference book*. Dnipro: Lira] (in Ukrainian)
- Вороб'єв, Д.В. (1953). *Типи лесов європейської частини СРСР*. Київ: Изд-во АН УРСР [Vorobyev, D.V. (1953). *Forest types of the European part of the USSR*. Kyiv: Publishing House of the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR] (in Russian)
- Герушинський, З.Ю. (1996) *Типологія лісів Українських Карпат*. Львів: Піраміда [Gerushinskyi, Z. Yu. (1996) *Typology of forests of the Ukrainian Carpathians*. Lviv: Pyramid] (in Ukrainian)
- Лісовий кодекс України* (1994). Введено в дію Постановою ВР N 3853-12 від 21.01.94 р. [*Forest Code of Ukraine*. Entered into force by Resolution VR N 3853-12 of January 21, 1994. Retrieved from https://zakononline.com.ua/documents/show/164851_597064] (in Ukrainian)
- Молотков, П.И. (1972). Буковые леса Украинских Карпат. В кн. *Буковые леса СССР и ведение хозяйства в них* (с. 78-109). Москва: Лесная промышленность [Molotkov, P.I. (1972). Beech forests of the Ukrainian Carpathians. In *Beech forests of the USSR and their management* (pp. 78-109). Moscow: Forest industry] (in Russian)
- Погребняк, П.С. (1968) *Общее лесоводство*. Москва: Колос [Pogrebnyak, P.S. (1968). *General Forestry*. Moscow: Kolos] (in Russian)
- Порядок поділу лісів на категорії та виділення особливо захисних лісових ділянок* (2007). Постанова Кабінету Міністрів України від 16.05.2007 р, № 733 [*Procedure for dividing forests into categories and distinguishing highly protective forest areas* (2007). Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine of May 16, 2007, No. 733. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/733-2007-%D0%BF#Text>] (in Ukrainian)
- Пояснювальна записка до «Проекту організації та розвитку лісового господарства державного підприємства «Рахівське лісове дослідне господарство» Закарпатського управління лісового і мисливського господарства* (2021). Ірпінь [*Explanatory note to the «Project of the organization and development of forest management at the state enterprise «Rakhiv Forest Experimental Farming» of the Transcarpathian Department of Forestry and Hunting* (2021). Irpin] (in Ukrainian)
- Правила поліпшення якісного складу лісів* (2007). Постанова Кабінету Міністрів України від 12.05.2007, № 724 [*Regulations for improving the qualitative composition of forests*. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated May 12, 2007, No. 724. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/724-2007-%D0%BF#Text>] (in Ukrainian)
- Правила рубок головного користування в лісах України* (2009). Наказ державного комітету лісового господарства України від 23.12.2009, № 364. [*Principal felling regulations in the forests of Ukraine* (2009). Order of the State Forestry Committee of Ukraine dated December 23, 2009, No. 364. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0085-10#Text>] (in Ukrainian)
- Про затвердження Порядку ведення лісовпорядкування* (2021). Наказ Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України № 749 від 15.11.2021 року [*On the approval of the Forest Management Procedure* (2021). Order of the Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine No. 749 dated November 15, 2021. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1644-21#Text>] (in Ukrainian)
- Проект перспективного плану організації Рахівського лісгоспу лісовпорядкування 1951-1952 років* (1952). Київ [*The project of the perspective plan of the organization of the Rakhiv forest farm for forest management in 1951-1952*]. Kyiv] (in Ukrainian)
- Санітарні правила в лісах України* (2016). Постанова Кабінету Міністрів України № 756 від 26 жовтня 2016 року [*Sanitary Forests Regulations in Ukraine* (2016). Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 756 dated 26 October 2016. Retrieved from <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/555-95-п> (last accessed date 22 April 2021)] (in Ukrainian)
- Швиденко, А.З., Савич, Ю.Н., Строчинский, 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., Strochinsky, A.A., Polyakov, V.K., & Kanunnikov, N.E. (1987). *Normative and reference materials for inventory of forests in Ukraine and Moldova*. Kyiv: Harvest] (in Russian)
- Albrich, K., Rammer, W., & Seidl, R. (2020). Climate change causes critical transitions and irreversible alterations of mountain forests. *Global Change Biology*, 26(7), 4013-4027. <https://doi.org/10.1111/gcb.15118>
- Bolte, A., Hilbrig, L., Grundmann, B., Kampf, F., Brunet, J., & Rolof, A. (2010). Climate change impacts on stand structure and competitive interactions in a southern Swedish spruce-beech forest. *European Journal of Forest Research*, 129(3), 261-276. <https://doi.org/10.1007/s10342-009-0323-1>
- Dulamsuren, C., Hauck, M., Kopp, G., Ruf, M., & Leuschner, C. (2017). European beech responds to climate change with growth decline at lower, and growth increase at higher elevations in the center of its distribution range (SW Germany). *Trees*, 31(2), 673-686. Retrieved from <https://link.springer.com/article/10.1007/s00468-016-1499-x>
- Hartl-Meier, C., Dittmar, C., Zang, C., & Rothe, A. (2014). Mountain forest growth response to climate change in the Northern Limestone Alps. *Trees*, 28, 819-829. <https://doi.org/10.1007/s00468-014-0994-1>
- Hilmers, T., Avdagić, A., Bartkiewicz, L., Bielak, K., Binder, F., Bončina, A., ... Pretzsch H. (2019). The productivity of mixed mountain forests comprised of *Fagus sylvatica*, *Picea abies*, and *Abies alba* across Europe. *Forestry*, 92, 512-522. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpz035>
- Mina, M., del Río, M., Huber, M.O., Thürig, E., & Rohner, B. (2018). The symmetry of competitive interactions in mixed Norway spruce, silver fir and European beech forests. *Journal of Vegetation Science*, 29, 775-787. <https://doi.org/10.1111/jvs.12664>

- Pretzsch, H., Biber, P., Schütze, G., Uhl, E., & Rötzer, T. (2014). Forest stand growth dynamics in Central Europe have accelerated since 1870. *Nature Communications*, 5, 4967. <https://doi.org/10.1038/ncomms5967>
- Pretzsch, H., & Forrester, D.I. (2017). Stand dynamics of mixed-species stands compared with monocultures. In H. Pretzsch, D.I. Forrester, & J. Bauhus (Eds.), *Mixed-Species Forests* (pp. 117-209). Springer https://doi.org/10.1007/978-3-662-54553-9_4
- Trotsiuk, V., Svoboda, M., Janda, P., Mikolas, M., Bace, R., Rejzek, J., ... Myklush, S. (2014). A mixed severity disturbance regime in the primary *Picea abies* (L.) Karst, forests in Ukrainian Carpathians. *Forest Ecology and Management*, 334, 144-153. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.09.005>

Changes in the forest fund of the State Enterprise "Rakhiv Experimental Forestry" according to forest management materials as of 1951 and 2021

S. Myklush¹, Y. Myklush², Iu. Debryniuk³,
R. Prystupa⁴

According to the forest management materials of the Rakhiv state forestry enterprise as of 1951-1952 and the SE "Rakhiv research forestry" as of 01 January 2021, the approaches determined by the regulatory materials of the corresponding period to the implementation of forest management were clarified, also changes in the particularities of the distribution of forested areas by tree species, site indices and relative density were

analyzed as well as peculiarities of age changes in the predominant tree species of forest plots in the conditions of the investigated enterprise.

It was found that in the normative materials of the analyzed periods, different approaches to the distribution of stands by forest categories were set up in terms of their ability to perform various functions and the formation of management units and working circles, as well as the methodological principles of substantiating the size of timber harvesting plots during the scheduling and planning of principal fellings and the use of different methods of felling.

During the analyzed time period, the area of introduced tree species and the diversity of both hardwood and soft-wooded broadleaved tree species increased in the enterprise's forest growing stock, which can be caused by both forestry activities and climate change. There is a significant decrease in the area of silver fir stands almost from 400 ha to 61 ha, and an increase of more than 1.4 thousand ha in the area of beech stands, which is obviously caused by the character of forestry activities, bio-ecological features of tree species and climate change. There was an increase in the area of productive spruce stands and an increase in the average values of site indices of stands of the main tree species. The average values of site index of spruce stands increased from 1a.6 to 1b.8, fir stands – from 1a.7 to 1a.2, larch stands – from 1a.0 to 1b.3, and beech stands – from 1.9 to 1.2. The average growing stocks of forest stands also increased, in particular, the average stocks of spruce stands increased by 15%, and beech stocks more than doubled. At the same time, the intensive forestry activities in recent years have resulted in the decrease in the average relative density of stands of coniferous tree species.

Characteristic changes in the structure of natural spruce stands of the Ukrainian Carpathians over a long period of time, the factors that determine them, the probability of occurrence and possible consequences were analyzed in the works of contemporary scientists. The researchers note that understanding the causes of forest ecosystem disturbances, in particular their severity, frequency and spatial pattern of individual disturbances, will make it possible to provide a basis for their proper forest management and efficient use of forests.

The analysis of changes in the area of stands of the enterprise's forest fund, in particular, the decrease in the area of fir stands and the increase in the area of beech stands can be a confirmation that climate change plays the main role in the gradual change in the area of valuable coniferous stands in the mountain forests of the Carpathians and affects their productivity. The forest management in the mountain forests of the study region, focused on their protective, recreational & health-improving functions, has affected the volumes of timber harvesting, which ultimately has been reduced by more than four times compared to the amounts harvested during 1950s.

Key words: mountain forests; regulatory materials; forest management and inventory indices; allowable cutting area.

¹ *Stepan Myklush* – Full Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Doctor of Agricultural Sciences, Director of Educational and Research Institute of Forestry and Park Gardening, Professor of the Forest Inventory and Forest Management Department. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: 032-237-10-45, +38-067-791-36-77. E-mail: msi_s@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9762-1190>

² *Yuriy Myklush* – PhD of Agricultural Sciences, associate professor of the Forest Inventory and Forest Management Department. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: 032-239-27-46, +38-067-750-38-26. E-mail: y.myklush@ntu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1940-1045>

³ *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: debrynuj_ju@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0994-349X>

⁴ *Roman Prystupa* – the leading engineer of the State Enterprise «Rakhiv Experimental Forestry», 3 Khmelnytskogo st., Rakhiv, Transcarpathian region, 90600, Ukraine. Phone: +38-067-312-97-99. E-mail: prystupa@gmail.com ORCID: 0009-0004-6145-9840

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/10.15421/412215>
Article received 2022.06.24
Article accepted 2022.12.29

ISSN 1991-606X print
ISSN 2616-5015 online
@ ✉ Correspondence author
Nelia Lukianchuk
Lukyanchuk@nltu.edu.ua
103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine

УДК 338.48

Аналіз перспективи розвитку екотуризму Ужанського національного природного парку у післявоєнний період

Н.Г. Лук'янчук¹, Ю.М. Іваник²

Розвиток екологічного туризму в Україні та можливості його подальшого активного розвитку в повоєнний період на території Ужанського національного природного парку (далі – Парку) відзначається високою актуальністю. Виконаний комплексний SWOT-аналіз виявив значний рекреаційний потенціал Парку для розвитку екологічного туризму. Головні загрози, що можуть спричинити гальмування екологічного туризму: низький рівень міжнародної співпраці та партнерських відносин з іншими природо-заповідними територіями; низьке науково-технічне забезпечення; застаріла технічна база для сучасних моніторингових досліджень.

*Підвищення рівня проведення наукових досліджень у природоохоронних науково-дослідних відділеннях Парку є вимогою сьогодення. Необхідно запровадити заходи з підвищення ефективності функціонування унікальних природних комплексів у гірських умовах для зменшення поверхневого стоку на схилах, а також руйнівного впливу вітровалів і повеней. Всухання на значних площах похідних деревостанів *Picea abies* (L.) Karst. вимагає проектування спеціальних лісокультурних заходів. Для підвищення рівня збереження рідкісних ендемічних видів рекомендовано збільшити площу заповідної зони. Обговорено питання збереження цінних об'єктів природно-заповідного фонду, гідрологічних і геологічних природних та історико-культурних комплексів, що знаходяться на території Парку, зокрема, поліфункціональне значення і клас соціологічної цінності 13-ти природоохоронних об'єктів. Здійснений аналіз підтвердив високий естетичний ресурсний потенціал ландшафтів, високий рівень збереження генетичних ресурсів та біологічного різноманіття Ужанського національного природного парку.*

Ключові слова: екологічний туризм; природні ресурси; природно-заповідний фонд; лісові насадження; господарська діяльність.

¹ Лук'янчук Неля Георгіївна – член-кореспондент Лісівничої академії наук України, кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри екології. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-067-983-77-73. E-mail: Lukyanchuk@nltu.edu.ua ORCID: 0000-0003-2354-2446

² Іваник Юрій Михайлович – магістр екології, лісничий Волосянківського лісництва ДП «Великобerezнянське лісове господарство», вул. Рибальська, 18, смт Великий Березний, Закарпатська область, 89000, Україна. Тел.: +38-067-164-73-22. E-mail: ivannikurij@gmail.com

Вступ (Introduction). Екологічний туризм є одним із перспективних напрямів розвитку діяльності туристичної сфери й економіки України загалом. Це – порівняно новий вид туризму, формування ідеї котрого розпочалося у 80-х роках ХХ ст., а на сьогодні досить стрімко розвивається у багатьох країнах світу (Кифяк, 2003; О.Ю. Дмитрук, С.В. Дмитрук, 2009; Новицька, 2013; Карпюк, 2013; Москвяк, 2022). Екотуризм став предметом важливих офіційних міжнародних декларацій – Берлінської декларації з біологічного різноманіття і стійкого туризму (1997 р.) і Квебекської декларації з екотуризму (2002 р.). У них акцентовано увагу на основних завданнях екотуристичної діяльності: політична і фінансова підтримка захисту навколишнього середовища, визнання та повага прав місцевих і корінних громад, культурна і природоохоронна освіта туристів (Новицька, 2013).

До 2022 р. екологічний туризм набув значної популярності і в Україні, проте його розвитку перешкоджають військові дії, які ведуться на території нашої країни сусідньою державою-агресором. Наслідками військових дій стало нищівне руйнування природних ландшафтів, селітебних зон та інфраструктурних об'єктів, що унеможливило проведення туристичного відпочинку на всій території України. Більшість відпочинкових комплексів західного регіону України стали прихистком для проживання тих українців, які залишились без житла чи засобів для існування. Однак, після завершення бойових дій, звільнення всіх окупованих територій, відстояння суверенітету України, депресійний період закінчиться і буде відновлено всі напрями туристичної діяльності.

Під *екотуризмом* розуміють вид активного відпочинку у межах недоторканих природоохоронних територій, де поряд із науково-пізнавальними, культурно-виховними і спортивно-оздоровчими функціями, акцентовано увагу на зв'язках між природним і соціальним середовищем та гармонійних стосунках між природою і людиною (Вишневський, 2015). Це – природно-орієнтований туризм. Сутність його полягає в акцентуванні уваги не тільки на виді рекреаційної діяльності, але й на характері впливу туризму на довкілля та ступені відповідальності як туристів, так і місцевого населення щодо збереження природного середовища (О.Ю. Дмитрук, С.В. Дмитрук, 2009).

Вивченням проблем розвитку, організації та управління екологічного туризму займалися низка вітчизняних учених (Кифяк, 2003; Кричевська, 2005; Попович, 2007; Карпюк, 2013; Новицька, 2013; Вишневський, 2015; Москвяк, 2022 та ін.). У наукових публікаціях дослідників відзначено актуальність широкого запровадження екологічного туризму, важливість його культурної складової як для туристів, так і для жителів природної території. Також цей процес варто розглядати як просвітницьку діяльність, що посилює цінність і роль території національних парків, а також як промоційну роль важливості збереження недоторканої природи Укра-

їни, особливо – Закарпаття, де значну частину території займають об'єкти природно-заповідного фонду (13,9%), які є базовими для організації екологічного туризму.

У регіоні Закарпаття екологічний напрям туризму почав розвиватися порівняно недавно, проте спостережено його прогресування з кожним роком. Такий процес відбувається завдяки тому, що область має значні туристично рекреаційні ресурси – кліматичні, ландшафтні, біотичні, водні, мінералогічні, національно-етнографічні, культурно-історичні. Центрами розвитку й популяризації екотуризму на території Закарпаття є заповідники та національні природні парки. І якщо відвідування охоронних територій у заповідниках заборонено, окрім окремих форм організованої туристичної діяльності (екологічні стежки, музеї природи тощо), то в національних і регіональних ландшафтних парках туризм є профільним видом діяльності, що дає змогу отримувати значний фінансовий дохід.

Мета роботи полягає у вивченні стану існуючих ресурсно-рекреаційних об'єктів Ужанського національного природного парку (далі – Парку), які придатні для активного розвитку екотуристичної діяльності та окресленні подальших перспектив розвитку екологічного туризму на території природоохоронного об'єкту.

Об'єкти та методики дослідження (Objekts and methods). *Об'єктом дослідження* є рекреаційний ресурсний потенціал Ужанського національного природного парку. *Предмет досліджень* – особливості господарської діяльності Парку в напрямі розвитку та популяризації екологічного туризму.

Для встановлення рівня розвитку господарства було застосовано метод SWOT-аналізу. Він полягає у поділі чинників та явищ діяльності господарства за категоріями сильних і слабких сторін. Нами встановлені сильні сторони, покликані забезпечити прискорене просування до досягнення стратегічних цілей, а також слабкі сторони, що є причиною гальмування розвитку господарства у напрямі екологічного туризму.

Впродовж 2020-2022 рр. проаналізовано аналітичні матеріали Ужанського НПП, опрацьовано літературні дані, а також здійснено натурні обстеження об'єктів Парку, які мають значення для розвитку екологічного туризму. Зокрема, було проведено обстеження ділянок Волосянківського л-ва ДП «Великобerezнянське лісове господарство» на предмет виявлення рослин, внесених до Червоної книги України; рослин, внесених до міжнародних договорів, ратифікованих Україною, зокрема рослин в додатках до Конвенції про охорону дикої флори та фауни і природних середовищ існування в Європі (Бернська Конвенція). З цією метою були створені карти трапляння видів рослин, що підлягають охороні та збереженню. Ефективний моніторинг рідкісних рослинних популяцій здійснено не за стандартними методиками, а за спрощеними візуальними оцінками параметрів, які відображають ключові характеристики стану рослинного

виду. Дослідження включало пряме обстеження наявності рослинних об'єктів, важливих для збереження у найоптимальніші для цього фенологічні терміни. Фотофіксацію здійснювали із вказанням GPS-координат. Для реєстрації місця знаходження рослинного об'єкту додатково надавали: опис із попередніми даними (лісництво, квартал, виділ), кількість рослин, площу заростей, фенологічний стан (вегетація, цвітіння, плодоношення). Матеріали обстеження передано відповідальним працівникам Ужанського НПП для формування електронної бази моніторингу.

Впродовж декількох останніх десятиліть вчені багатьох країн розробляють наукові основи класифікацій природоохоронних територій. З часом такі наукові розробки стали основою для підготовки і затвердження офіційних національних чи міжнародних класифікацій. В Україні першу таку наукову класифікацію у 1980 р. почав розробляти професор С. М. Стойко, в подальшому удосконалив її, назвавши функціональною (Стойко, Гадач, Шимон, Михалік, 1991). Залежно від цільового призначення, природоохоронного статусу, територіальної і ландшафтної структури заповідних об'єктів, виділяють такі основні їхні функції: біоконсерваційна, біогенетична, інформаційна, документаційна, науководослідна, ландшафтно-естетична, екологічна, соціальна, природо-пізнавальна, культурно-освітня та дидактична. Цю розробку використано у нашому дослідженні з урахуванням того, що кожна функція природоохоронного об'єкту оцінена певною кількістю балів: 3 – функція реалізується повністю; 2 – функція реалізується частково на всій території; 1 – функція реалізується частково на менш, ніж половині території; 0 – виконання функції відсутнє. Усі природоохоронні об'єкти, згідно їхньої інтегральної суми балів, поділено на три класи екологічної цінності: 1 клас – висока природоохоронна цінність (30-25 балів); 2 клас – середня природоохоронна цінність (24-19 балів); 3 клас – задовільна природоохоронна цінність (18-13 балів). Оцінка нижче 15 балів свідчить про незадовільне виконання заповідним об'єктом природоохоронних функцій.

Результати (Results). Для оцінювання розвитку екотуризму в Ужанському НПП здійснено комплексний SWOT-аналіз, в якому відображено всі сильні та слабкі сторони діяльності унікального природного комплексу Парку (табл.).

Отже, головними завданнями Ужанського національного природного парку є збереження цінних природних та історико-культурних комплексів й об'єктів, що знаходяться на його території, а також підвищення ефективності функціонування унікальних природних комплексів та раціональне використання їхнього природного потенціалу.

Важливе значення для розвитку екотуризму має створення туристично-інформаційних, екологічних та освітніх центрів. У межах Ужанського НПП функціонує туристично-інформаційний центр у с. Ужок, а на Ужоцькому перевалі облаштовано інформаційний майданчик. Також планується відкриття туристично-інформаційного центру у с. Вишка

Великобerezнянського району. Репрезентативність Парку доволі широко висвітлена на офіційних сайтах, проте все ж необхідно збільшити обсяг інформаційних інтернет-джерел.

Ужанський НПП внесено до складу біосферного резервату «Східні Карпати» – перший у світі трilaterальний українсько-польсько-словацький біосферний резерват. Проте на сьогодні потрібно відзначити низький рівень наукової міжнародної співпраці та партнерських відносин з природно-заповідними територіями Польщі і Словаччини. У зв'язку з цим, дуже важливим аспектом є активізація роботи з розробки міжнародних екологічних проектів і спільних туристичних маршрутів, що дасть вагомий поштовх розвитку наукового потенціалу Парку в майбутньому.

Ужанський НПП є членом Європейської федерації природно-заповідних територій «Європарк», увійшовши в липні 2007 р. до списку Всесвітньої природної спадщини ЮНЕСКО «Букові праліси Карпат». Парк приймає участь у виконанні міжнародного Проекту «Збереження і стале використання природних ресурсів Українських Карпат» у рамках Карпато-Дунайської програми Міжнародного фонду охорони диких тварин. Використання міжнародного досвіду сприяє вирішенню цілої низки важливих для області питань у сфері туризму. Проте на сьогодні потрібно відзначити відсутність спільних міжнародних заходів з розвитку туристичних проектів.

Ужанський НПП розташований у центральній частині Українських Карпат, на прикордонні з Польщею та Словаччиною. В інформаційних довідках відзначено напівпериферійне транзитне положення Парку в національній транспортній мережі, зокрема, зазначено, що найближча залізнична станція – Ужгород, а найближчий аеропорт – Ужгород або Львів. В інформаційних матеріалах потрібно ширше висвітлити інформацію про наявні способи транспортного сполучення Ужанського НПП з територіями інших держав.

Для розвитку міжнародного туризму на території Парку зосереджені унікальні природні комплекси, що мають важливе рекреаційне, наукове, естетичне, освітнє та оздоровче значення (Байцар, 2014). Резерват включає частину найбільшого в Європі комплексу природних букових лісів – полони. Завдяки сприятливим кліматичним та різноманітним географічним і геоморфологічним умовам, флора Парку відзначається значним видовим багатством (рис. 1).

Ужанський НПП складається із п'яти природоохоронних науково-дослідних відділень – Костринське, Жорнавське, Ново-Стужицьке, Лубнянське, Ужоцьке. Науково-дослідні роботи здійснюють у напрямі вивчення видового складу основних рослинних ценозів, якісного і кількісного складу фауни. Для виконання наукових і природоохоронних функцій у Парку створені науковий відділ; відділ рекреації, пропаганди та екоосвіти; відділ охорони, відтворення та раціонального використання природних ресурсів.

Таблиця. SWOT–аналіз діяльності Ужанського НПП
Table. SWOT–analysis of activities of the Uzhan NNP

Сильні сторони	Слабкі сторони
У межах Ужанського НПП функціонує туристично-інформаційний центр	Недостатня репрезентативність Парку в інтернет-мережах
Парк включено у біосферний резерват «Східні Карпати», в Європейську федерацію природно-заповідних територій «Європарк»	Низький рівень міжнародної співпраці та партнерських відносин з іншими природно-заповідними територіями
Використання міжнародного досвіду сприяє вирішенню цілої низки важливих для області питань у сфері туризму	Відсутність спільних міжнародних заходів і розвитку туристичних проєктів
Парк розташований у центральній частині Українських Карпат	Напівпериферійне транзитне положення в національній транспортній мережі
Достатня кількість об'єктів туристичної інфраструктури, орієнтованої на прийом іноземних туристів	Недостатнє висвітлення інформації про наявні способи транспортного сполучення з територією інших держав
Завдяки наявності унікальних природних комплексів, Парк увійшов до списку Всесвітньої природної спадщини ЮНЕСКО «Букові праліси Карпат»	Парк охоплює природні угіддя трьох землекористувачів, у зв'язку з чим є складності з координуванням дій
Регулярне проведення інвентаризації флори, фауни та рослинності на території Парку	Застаріла технічна база для ведення сучасних моніторингових картографічних методів дослідження
Значна площа Ужанського НПП – 39159 га	Низьке науково-технічне забезпечення Парку
Диференційований розподіл та функціональне зонування території	Невідповідність площі заповідної зони встановленим розмірам
Наявність високопродуктивних насаджень бука, ялини та ялиці	Значну площу території зайнято культурами ялини європейської, які створювали на початку ХХ століття. На сьогодні ці ліси всихають внаслідок зміни клімату
Збереження лісів, які виконують фітомеліоративні та санітарно-гігієнічні функції – протиерозійні і приполюнні ліси	Недостатня увага до охоронних річкових ділянок та зон нерестилищ, захисних смуг вздовж поселень і доріг
Відсутність екологічних загроз з боку промислових підприємств та інших техногенних об'єктів	Існують проблеми, спричинені природними чинниками – частими шквальними вітрами, а також періодичними повеннями
Наявність оригінальних історико-архітектурних об'єктів і пам'яток архітектури	Поблизу селітебних зон більша частина території розорана й позбавлена природного лісового покриву
Природні умови і ресурси, сприятливі для різних видів туризму; облаштовано частину міжнародного туристичного маршруту «Карпатський Єврорегіон», наявні екологічні стежки, веломаршрути	Недостатньо розвинута інфраструктура прилеглих сільських поселень
Наявність джерел мінеральних вод типу «Нафтуса», «Нарзан», «Єсентуки» та карстових печер	Зanedбаність усіх джерел мінеральної води та карстових печер на території Парку
Наявність пейзажних лісових ландшафтів	Незадіяність більшості видів туристичних ресурсів
Парк є бюджето-формуючою установою для навколишніх сільських громад	Відсутність суттєвої гуманітарної допомоги для громад
Враховуються економічні умови та соціальні потреби місцевого населення, здійснюється покращення соціальних аспектів функціонування НПП для місцевих мешканців	Недостатнє інформування населення про проведення природоохоронних заходів, відсутність громадського контролю за їх виконанням
Наявність співпраці між установами природно-заповідного фонду та місцевими органами влади	Незначна кількість місць рекреації, які може використовувати місцеве населення



Рис. 1. Загальний вигляд східно-карпатських гірських полонин

Fig. 1. General view of the Eastern Carpathian mountain meadows
(URL: <https://uzhanskyi-park.in.ua/wp-content/uploads/2022/02/45-1024x768.jpg>)

Із 2001 р. працівники наукового відділу проводять інвентаризацію рослинних і тваринних видів на території Парку (Symochko, Fizer, 2017; Barkaszi, Koval, 2019). За результатами досліджень тут виявлено 782 видів судинних рослин, 312 лишайників, 143 мохоподібних, 65 грибів, 165 водоростей. Із судинних рослин 80 видів внесено у регіональний червоний список Закарпаття, 37 видів – у Червону книгу України і два види – до Міжнародного Червоного списку. Також на території Парку виявлено 172 види хребетних тварин: 50 видів ссавців, 85 – птахів, 12 – земноводних, 16 – риб, вісім – плазунів, один – круглоротих. В унікальній фауні представлені види великих хижаків – бурий ведмідь, вовк, рись, а також великі природні рослиноїдні ссавці – зубр та олень благородний. До рідкісних видів земноводних віднесено тритони гірський та карпатський, ропуху сіру, жабу гостроморду. Рідкісними видами рептилій є полоз лісовий, гадюка звичайна, а також саламандра карпатська, зображена на логотипі Парку і на яку ми натрапили 1.04.23 р. у лісовому фонді Волосянківського л-ва (рис. 2).

Для підвищення наукового потенціалу Ужанського НПП варто запровадити співпрацю з науковцями з інших організацій і відомств, які мають досвід інженерно-організаційної, технологічної та дослідницько-експериментальної роботи. Також необхідно створити науково-технічну раду для висвітлення і вирішення всіх проблемних наукових питань діяльності Парку.

Отримання достовірної, оперативної та актуальної інформації про кількісний та якісний стан насаджень є неможливим без залучення сучасних інформаційних технологій. З метою оптимізації процесу інвентаризації рослинного і тваринного різноманіття Парку доцільно залучити до практичних робіт відповідних фахівців, а також сучасні засоби для картографічних методів досліджень.



Рис. 2. Саламандра карпатська (*Salamandra salamandra* (Linnaeus, 1758)) – ендемік, релікт Ужанського НПП (фото автора)

Fig. 2. Carpathian salamander (*Salamandra salamandra* (Linnaeus, 1758)) – endemic, relict of the Uzhan National Park (photo by the author)

Ужанський НПП займає площу 39159 га і має у своєму складі природні угіддя трьох землекористувачів – сам Парк, три лісництва ДП «Великобerezнянське ЛГ» та лісові масиви райагролісу. До складу Ужанського НПП передано з вилученням від ДП «Великобerezнянське ЛГ» 7069 га площі найпродуктивніших стиглих букових деревостанів; 9938 га лісів включено до складу Парку без вилучення. Лісгоспи, підпорядковані Державному агентству лісових ресурсів України, здійснюють масштабні рубки у Великобerezнянському районі – на території лісового фонду лісництв, які входять у господарську зону Ужанського НПП. За результатами перевірки, здійсненої працівниками Мінприроди України у 2015 р., значні за площею масиви лісу на території Парку зрубано незаконно, тобто без виділення лімітів. У зв'язку з цим, керівництву устано-

ви потрібно активізувати роботу щодо узгодження лісогосподарської діяльності на не вилученій території, яка входить до складу Парку.

Окрім цього, існує низка проблемних питань з органами місцевого самоврядування територій, що межують з Парком. Також у межах Парку розташовано 22 населені пункти, тому виникають певні труднощі у співкоординації дій із землекористувачами. Зокрема, всі господарські нововведення, які заплановано здійснити в межах Стужицької, Лубнянської, Верховино-Бистринської, Ужоцької, Тихинської, Загорбської та Ставнянської сільських Рад мали би бути узгоджені з дирекцією Ужанського НПП. Зокрема, територія гірської частини Парку повністю залісена, проте у передгірському поясі поблизу селітебних зон більша частина території розорана й позбавлена природного лісового покриву, що вимагає значних капіталовкладень у відновлення лісових насаджень. Потреби Парку у садивному матеріалі здійснює ДП «Великобerezнянське ЛП», яке вирощує сіянці і саджанці на 29 тимчасових лісових розсадниках. Місцеві мешканці, особливо учнівська молодь, охоче допомагають працівникам Парку висаджувати лісові культури.

Ведення господарства Парк здійснює на основі природоохоронного законодавства України з урахуванням положень Закону України «Про природно-заповідний фонд України». До складу Парку входять 13 об'єктів природно-заповідного фонду. Нами проаналізовано поліфункціональне значення цих заповідних об'єктів, оцінено кожну функцію природоохоронного об'єкта згідно з бальною шкалою та встановлено клас соціологічної цінності. Так, до першого класу природоохоронної цінності віднесено вісім об'єктів. Вони відзначаються добрим екологічним станом фітоценотичного покриву, тут створені і функціонують відповідні об'єкти рекре-

аційної інфраструктури, організовано загально-оздоровчий, культурно-пізнавальний відпочинок, облаштовано туристичні та екскурсійні маршрути, встановлено з відповідним інформаційним наповненням інформативні знаки та аншлаги. Серед них, ботанічна пам'ятка природи загальнодержавного значення «Гора Яворник» (буково-яворовий праліс на кам'янистих розсипищах віком понад 160-200 років); лісові заказники місцевого значення «Тихий» (буково-ялицевий праліс віком понад 200 років), «Дубова» (масив дуба скельного природного походження), «Уличанка» (лісовий масив з сосново-дубовими еталонними насадженнями природного походження, залишки Карпатського пралісу); ботанічні заказники місцевого значення – «Голаня» (комплекс високогірних буково-яворових і буково-ясеневих лісів), «Ерташі» (одна із найстаріших дослідних ділянок на території Українських Карпат), «Пасіки» (осередок зростання пізньоцвіту осіннього, внесеного до Червоної книги України); ботанічна пам'ятка природи місцевого значення «Дуб звичайний» – один із найстаріших дубів України віком близько 1300 років (рис. 3).

До другого класу природоохоронної цінності віднесено п'ять об'єктів. Серед них, гідрологічні пам'ятки природи місцевого значення – «Джерело № 1», «Джерело № 2», «Джерело № 3», «Джерело № 11» та геологічна пам'ятка природи місцевого значення печера «Княгиня». Ця пам'ятка природи потребує проведення ґрунтовних наукових досліджень, оскільки про неї відсутня повна інформація, не обладнаний доступ до входу, відсутні інформаційні вказівники, які дали б змогу виявити особливості її будови, отримати інформацію про рукокрилих та інших представників печерної фауни, про рослинність (мохи, лишайники) тощо.



Рис. 3. Тисячолітній рекордсмен Дідо-дуб у селі Стужиця

Fig. 3. Thousand-year record holder Dodo-oak in the village of Stuzhytsia
(URL: <https://uzhanskyi-park.in.ua/wp-content/uploads/2021/01/Dido-dub.-Oleh-Horbey.jpg>)

Гідрологічні пам'ятки природи місцевого значення – унікальні джерела мінеральних вод типу «Нафтуса», «Нарзан», «Єсентуки» у селах Стужиця, Кострино, Сіль, Ужок мають лікувальні властивості та здавна використовувались місцевим населенням для оздоровлення. Джерела належать до групи вуглекислих вод – хлоридно-натрієвих гідрокарбонатно-кальцієвих з вмістом магнію, заліза, барію. Незважаючи на цінність цих об'єктів, джерела мінеральної води занедбані, відповідним чином не облаштовані, повністю відсутні умови для їх туристичного використання.

У Парку здійснено диференційований розподіл та зонування території, що має практичне значення для режиму використання, охорони і відтворення лісів. У межах Парку виділено чотири функціональні зони: заповідну, регульованої рекреації, стаціонарної рекреації та господарську (Кричевська, 2005). Для кожної із функціональних зон Парку встановлено диференційований режим користування. Згідно з «Проектом організації території Ужанського НПП», заповідна зона займає 3530,5 га або 23,7% загальної площі. Зона регульованої рекреації займає 5146,4 га (34,5%), зона стаціонарної рекреації – 89,1 га (0,6%), господарська зона – 6138,6 га (41,2%). Згідно з положенням Севільської Конвенції про біологічне різноманіття (1995 р.), для національного природного парку заповідна зона має становити більше третини від усієї його площі, оскільки є його репрезентативною частиною і підлягає суворій охороні. Тому необхідно збільшити площу заповідної зони Парку, на території якої ростуть реліктові та ендемічні види, що мають виняткове наукове значення. Для прикладу, заповідну зону можливо розширити, вилучивши із зони регульованої рекреації (кв. 21 Волосянківського л-ва) територію площею 2,4 га. Тут росте білоцвіт весняний карпатський (*Leucojum vernum* L. var. *carpathicum* Sims) – ендемік Східних Карпат, геофіт, гірський вид флори, поширений, окрім Закарпаття, також у Східній Словаччині, Польщі (Бескиди), Румунії (Трансільванія). Вид потребує режиму заповідності, постійного контролю за станом популяції, оскільки знаходиться під загрозою зникнення через зривання на букети, викопування цибулин, рекреаційне навантаження (рис. 4).

Значну територію Парку займає господарська зона, де ростуть високопродуктивні насадження бука, ялини та ялиці. Культури ялини європейської, які створені на початку ХХ ст., тепер всихають. За останні роки це явище набуло значних масштабів і має тенденцію до збільшення під впливом дії зміни комплексу еколого-кліматичних чинників, насамперед, тривалих періодичних посух, пониження рівня ґрунтових вод тощо. Вирішення проблеми вимагає проектування спеціальних лісокультурних заходів, зокрема поступової заміни монокультур ялини на мішані насадження з переважанням бука, запровадження стійких до захворювань інтродукованих деревних видів.



Рис. 4. Білоцвіт весняний карпатський (*Leucojum vernum* L. var. *carpathicum* Sims) в угіддях Волосянківського л-ва (фото автора)

Fig. 4. Carpathian spring white flower (*Leucojum vernum* L. var. *carpathicum* Sims) in the lands of the Volosyankiv forest district (author's photo)

Значна площа похідних деревостанів на території Парку також вимагає проектування спеціальних лісокультурних заходів, а також запровадження запобіжних заходів захисту лісу від шкідників і хвороб. Найпоширенішими є опеньок осінній, трутовик несправжній, коренева губка, різні види стовбурових шкідників. Захист лісу від шкідників і хвороб здійснюють різноманітними методами і технічними засобами: нагляд за появою шкідливих організмів; карантин рослин; лісогосподарський захист; біологічний захист; фізичний захист. Часто застосовують лісогосподарський захист, який має профілактичну спрямованість і здійснюється різноманітними видами лісогосподарських робіт – вибірково-санітарними рубками, вибиранням уражених дерев, викладкою ловильних дерев і ловильних полін. Формування мішаних корінних деревостанів значною мірою знижує можливість утворення осередків шкідників і хвороб лісу. Зокрема, в осередках уражених насаджень під час лісовідновлення доцільно використовувати *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco, яка є стійкою до ураження місцевими шкідниками, і, окрім того, не є інвазійним видом (Іваник, Лук'янчук, 2021).

У Парку особливу увагу приділено збереженню лісів, які виконують фітомеліоративні та санітарно-гігієнічні функції – протиерозійним і приполонинним лісам. На території Парку часто проявляються негативні процеси у вигляді водної ерозії, внаслідок чого руйнується верхній найродючіший шар ґрунту з винесенням його водними потоками в струмки і річки. З метою зменшення ерозійних проце-

сів потрібно створювати водорегулювальні лісонасадження, які зменшують та сповільнюють стікання води на схилах, сприяють кращому вбиранню її ґрунтом. Такі насадження регулюють рівномірність снігового покриву і режим сніготанення, сприяють зменшенню промерзання ґрунту, поліпшують його водно-фізичні та фізико-хімічні властивості.

У лісах Парку з обмеженим та особливим режимом користування впроваджують заходи з наближеного до природи лісівництва. Під час проведення рубок догляду за насадженнями використовують кінне трелювання деревини, що зберігає наявне та забезпечує наступну появу природного поновлення корінних деревних видів. Лісівники також залишають у природному середовищі певні обсяги мертвої деревини – така практика виявляє значний позитивний екологічний вплив на лісову екосистему, створює сприятливі умови для проживання дикої фауни, збільшує біорізноманіття нативної екосистеми. На території Парку відсутні екологічні загрози від техногенних об'єктів, проте існують проблеми, спричинені природними чинниками – тут часті вітровали, шквальні вітри, поєднані, які пошкоджують, а подекуди частково руйнують лісові насадження. З цією метою здійснюють заходи з формування мішаних деревостанів із щільним чагарниково-трав'яним покривом. Витрати на такі заходи помітно менші, ніж шкода від руйнування лісових насаджень внаслідок негативного прояву природних стихійних явищ.

Рекреаційна діяльність Парку спрямована на створення умов для розвитку туристичної інфраструктури. Працюють гірськолижні бази з крісельними підйомниками «Красія», «Ужок», «Щербин», промарковані пішохідні маршрути на гори Красія (1035 м), Кременець (1214 м), Черемха (1133 м), Канчова (1111 м). У 2017 р. відділом рекреації і благоустрою Ужанського національного природ-

ного парку було здійснено масштабну роботу над реалізацією грантового проєкту «Охорона природи, як можливість для регіонального розвитку», фінансованого спільно Норвегією та Словацькою Республікою. В рамках проєкту профінансовано будівництво фешенебельних будиночків для відпочинку, що забезпечило створення належних умов для прийому туристів та отримання додаткових надходжень від рекреаційної діяльності.

В останні роки облаштовано частину міжнародного туристичного маршруту «Карпатський Євро-регіон» на відділку смт Великий Березний – Явірник – с. Кострино – урочище Чорні млаки – с. Стужиця. Розроблено туристичний маршрут «Від тисячолітніх дубів до букових пралісів», який проходить територією Новостужицького ПНДВ, проведено ремонт на екотуристичних маршрутах загальною довжиною 66 км. На території Парку облаштовано креативні об'єкти рекреаційного відпочинку – рекреаційні зони «Солянські облази», «Костринські облази», «Лінія Арапада», «Стужиця», «Під Роговою Скалою», «Ужоцький перевал». Також розроблено 17 екологічно-пізнавальних маршрутів, загальна протяжність яких становить 140 км. Передбачено улаштування та утримання 20 зон для короткострокового відпочинку. По території Парку прокладено сім пішохідних маршрутів, зокрема п'ять екологічних стежок – «Праліси Стужиці», «Пасіки», «Близня» та ін. (рис. 5).

Ці маршрути пролягають мальовничими куточками Парку і цікавими його об'єктами – буковими пралісами, субальпійськими луками – до витоків річки Уж, на Ужоцький перевал, Вододільний хребет. Однією із найпопулярніших є подорож в урочище Чорні Млаки с. Княгиня, де в 1866 р. впав величезний метеорит масою майже 300 кг. Уламки цього метеорита сьогодні експонуються в музеях Європи.



Рис. 5. Екологічна стежка «Пасіки»

Fig. 5. Ecological trail “Pasiky” (URL: <https://uzhanskyi-park.in.ua/wp-content/uploads/2022/02/Rezervat-pasiky.jpg>)

Територією лісових насаджень Ужанського НПП проходить веломаршрут «Зелений ровер». Також розробляються міжнародні велосипедні маршрути, перебуваючи на яких туристи зможуть побачити цікаві природні та історико-культурні об'єкти, до прикладу, легендарну оборонну лінію Арпада. Отже, потрібно і надалі збільшувати кількість різноманітних екотуристичних маршрутів, широко репрезентуючи їх у різноманітних інтернет-джерелах. Такий підхід дасть змогу збільшити потік туристів, що приносить користь місцевим органам влади, державним агентствам, підприємствам у сфері туризму, туристичним інформаційним центрам, туристам і, насамперед, резидентам цільових регіонів, сприятиме формуванню у туристів позитивного іміджу регіону, забезпечуватиме надходження до місцевих бюджетів за рахунок отримання додаткових прибутків від проведення екологічних екскурсій, відвідання об'єктів природного та історико-культурного значення. Особливу увагу варто приділити геоморфологічним та геологічним (стратиграфічним, палеонтологічним, тектонічним) пам'яткам природи, які є менш освоєними для туризму.

Особливе місце в переліку геоморфологічних об'єктів Парку займають карстові печери. В межах досліджуваної території є щонайменше вісім печер – «Княгиня», «Метрова яма» біля с. Нова Стужиця, печера біля с. Загорб на правобережжі р. Стужиця, печера біля с. Ужок у верхів'ях р. Уж. Вони невеликі за розмірами, але є місцинами постійної зимівлі для кажанів. Печеру «Княгиня» вже введено у туристичні путівники, проте опублікованих відомостей про її особливості і туристичну привабливість обмаль. Відвідування печери можливе лише невеликими групами за наявності досвідченого провідника та дозволу на відвідування території від прикордонних служб. За належної підготовки території, спрощення процедури отримання дозволу від прикордонних служб, відвідування печери можна буде ввести до екотуристичного маршруту «До місця падіння Княгинянського метеорита».

На території Парку наявні оригінальні історико-архітектурні об'єкти. Справжнім дивом закарпатської народної архітектури є старовинні дерев'яні церкви XVII-XVIII сторіччя. Побудовані вони невідомими геніальними майстрами – без єдиного цвяха і використання сучасних інструментів. На сьогодні шість з таких храмів мають статус архітектурних пам'яток світу. Найвідоміші з них – храм Покрови Пресвятої Богородиці в с. Кострино та церква Святого Архистратига Михаїла в с. Ужок.

Парк є бюджетно-формуючою установою для навколишніх сільських громад, забезпечує робочими місцями місцеве населення. В Парку здійснюють заходи із побічного користування лісом: заготовлю сіна на площі 104,2 га – 53,15 т, дикорослих грибів – 12,2 т, чорниці – 17,0 т, малини – 3,2 т, ожини – 51,3 т, плодів шипшини – 1,1 т. У цьому напрямі територію Парку активно використовує місцеве населення з дотриманням режиму охорони заповідних природних комплексів та об'єктів.

На території Ужанського НПП із площею майже 40 тис. га облаштовано лише сім рекреаційних зон, збудовано п'ять альтанок і три навіси. Цих рекреаційних об'єктів зовсім недостатньо, тому потрібно створити кращі умови для організованого та ефективного відпочинку, інших видів рекреаційної діяльності для місцевого населення.

На території Парку спостережено неналежне інформування населення щодо проведення природоохоронних заходів та відсутній громадський контроль за їх виконанням. Потрібно звернути увагу на низьку екологічну свідомість населення, про що свідчить наявність незаконних порубів, пошкоджень, самовільного сінокосіння, випасання худоби у заборонених місцях. З цього погляду, необхідно постійно проводити агітаційно-роз'яснювальну роботу із місцевими жителями з метою формування екологічної свідомості та екологічних переваг над тимчасовими економічними вигодами. Особливо варто популяризувати серед учнівської молоді значення збереження і правильного використання лісових екосистем, а також активно залучати їх до робіт з відтворення та охорони природних багатств Закарпаття.

Дискусія (Discussion). До початку воєнних дій в Україні Ужанський НПП здійснював комплексні заходи з активного розвитку екотуризму, адже рекреаційно-туристичний потенціал Парку є доволі високим, що підтверджено результатами низки досліджень (Кричевська, 2005; Стойко, Копач, 2012; Карпюк, 2013). У попередні роки в Ужанському національному природному парку на заповідних територіях було прокладено мережу екотуристичних маршрутів, запроваджено заходи зі збереження цінних природних та історико-культурних комплексів й об'єктів, що знаходяться на його території. Працівники Парку також сприяють підвищенню ефективності функціонування унікальних природних комплексів та раціональне використання природного потенціалу. З цією метою на території Парку безперервно здійснюють наукові дослідження природних комплексів, слідкують за їхніми змінами в умовах рекреаційного та ефективного використання природних ресурсів.

У післявоєнний період відновлення цієї діяльності можливе лише за активної міжнародної співпраці та наукових заходів з природо-заповідними територіями європейських країн. Для збільшення репрезентативності Парку важливим питанням є покращення науково-технічної бази для картографічних методів дослідження. Використання сучасного інструментального забезпечення, методів й технологій дистанційного зондування земної поверхні, GPS-технологій та новітнього програмного забезпечення сприятиме пришвидшенню, покращенню якості та підвищенню продуктивності виконання робіт у Парку. Проте подібне обладнання є дороговартісним, тому керівництву Парку потрібно шукати спонсорську допомогу для закупівлі обладнання і відповідних програм.

Планувальна організація території Ужанського НПП та особливості виділення функціональних зон

були предметом вивчення та дискусії низки дослідників (Кричевська, 2005). Проте і зараз ведуться дискусії з розширення заповідної зони та зони регульованої рекреації, які вважаються найважливішими з погляду охорони природних комплексів. Нами обстежено ділянку Волосняківського л-ва на наявність рослин, внесених до Червоної книги України. На території площею 2,4 га (кв. 21) було виявлено місцезростання ендеміку Східних Карпат – білоцвіту весняного карпатського. Збереження популяцій ранньовесняних цибулинних можливе лише за умови організації їхньої охорони. Тому доцільно обстежену ділянку вилучити із зони регульованої рекреації, долучивши її до заповідної зони із реалізацією менеджмент-плану щодо збереження рідкісного в Європі та Україні виду. Для цього потрібно встановити охоронні знаки та інформаційні таблички природоохоронного змісту, регулярно оприлюднювати у засобах масової інформації, соціальних мережах та офіційному сайті Парку інформацію про стан рідкісних видів. Наведені відомості про місцезнаходження раритетних видів судинних рослин суттєво доповнюють мозаїку поширення рідкісних видів флори України, є показником соціологічної цінності території, свідчать про її унікальність.

З метою підвищення рівня сприятливого екологічного стану території Парку потрібно ширше використовувати природозберігаючі технології для покращення стану, оптимізації структури та охорони біорізноманіття лісів з одночасним збереженням та відтворенням їхніх багатограних захисних і регулювальних функцій. Для формування стійких фітоценотичних угруповань потрібно активніше здійснювати заміну монокультур ялини європейської на мішані насадження з переважанням бука лісового, а також збільшувати частку біотично стійких інтродуцентів.

Нами проаналізовано поліфункціональне значення 13-ти об'єктів ПЗФ, наявних у Парку, оцінено функції кожного природоохоронного об'єкту згідно бальної шкали та встановлено клас соціологічної цінності. Виконані дослідження засвідчили незадіяність більшості видів туристичних ресурсів, зокрема, історико-архітектурних об'єктів. Також варто відзначити низький рівень атрактивності джерел мінеральних вод і карстових печер. Зокрема, відома печера «Княгиня» потребує проведення ґрунтовних наукових досліджень. На території Парку наявні унікальні джерела мінеральних вод, проте вони не облаштовані, відсутні вказівники, об'єкти не підготовлені для відвідування туристами.

Станом на сьогодні Ужанському НПП потрібен ефективний механізм фінансування задля проведення спеціальних лісокультурних заходів, створення сучасних сприятливих умов для відпочинку, формування туристичного іміджу та рекламного-маркетингової стратегії.

Висновки (Conclusions). Ужанський національний природний парк має значний потенціал у повоєнний період для розвитку екологічного туризму

му завдяки своєрідності природних ландшафтів, унікальності екосистем пралісів, багатству флори і фауни, визначним пам'яткам культурно-історичної спадщини. Населені пункти, розташовані в межах Парку, цілком відповідають вимогам і стандартам екотуризму – розташовані в мальовничих гірських долинах, віддалені від промислових підприємств. У гірських селах збереглися традиційний побут, ремесла, культура, кухня. У сільському господарстві практично не використовують хімічні засоби, тому продукти харчування є екологічно чистими.

Головним чинником для активного розвитку екотуризму на території Парку є вдале поєднання кліматичних, ландшафтних, бальнеологічних, селітебних та інших компонентів екологічної, економічної і культурної значимості. Тут наявні ділянки, ресурси, оселища та ландшафти світового і національного культурного, археологічного, історичного значення. Доволі повно вивчено стан існуючих рекреаційних об'єктів Ужанського НПП, які придатні для активного розвитку екотуристичної діяльності та окреслено подальші перспективи розвитку екологічного туризму на території Парку, що підтверджено застосованим SWOT-аналізом.

Поряд з цим, існує низка проблем для активного розвитку екотуризму в майбутньому. Незважаючи на зарахування Парку до складу біосферного резервату «Східні Карпати», потрібно відзначити низький рівень міжнародної співпраці та партнерських відносин з природо-заповідними територіями інших країн. Парк охоплює природні угіддя трьох землекористувачів, через що є певні труднощі у співкоординації дій.

Для ефективного розвитку екотуризму Ужанському НПП потрібне залучення державних і недержавних джерел фінансування, що дасть змогу створити сприятливі умови для відпочинку та формування вагомого туристичного іміджу регіону. Для охорони рідкісних ендемічних видів, що мають виняткове значення для збереження біорізноманіття, доцільно збільшити площу заповідної зони Ужанського НПП.

У післявоєнний період територія Ужанського НПП матиме виняткове значення для розвитку екотуризму, забезпечить активний відпочинок туристів, пізнання ними пам'яток природи, а також сприятиме покращенню фінансової ситуації для сільських громад, що розташовані на території Парку.

Список літератури (References)

- Байцар, А.Л. (2014). Верхня межа лісу в ландшафтах Українських Карпат, її охорона та оптимізація. *Вісник Львівського університету. Серія географ.*, 45, 166-177 [Baitsar, A.L. (2014). The tree line in the landscapes of the Ukrainian Carpathians, its protection and optimization. *Bulletin of Lviv University. Geographical series*, 45, 166-177. Retrieved from <http://publications.lnu.edu.ua/bulletins/index.php/geography/article/view/1162>] (in Ukrainian)

- Білоцвіт Закарпаття. Природа Закарпаття. Офіційний сайт [Електронний ресурс]. [Belotsvit Transcarpathia. The nature of Transcarpathia. Official site. Retrieved from <https://www.adamenko-tours.com/uk/biloczvit-zakarpattya/>] (in Ukrainian)
- В Ужанському національному парку знищуються стародавні праліси і інші цінні лісові масиви. Офіційний сайт [Електронний ресурс] [Old-growth primeval forests and other valuable forest areas are being destroyed in the Uzhan National Park. Official site. Retrieved from <http://ecoethics.ru/informatsionnaya-zapiska-komissii-min-prirody-ukrainyi-o-massovyih-narusheniyah-v-uzhanskom-natsparke>] (in Ukrainian)
- Вишневецький, В.І. (2015). *Екологічний туризм*. Київ: Інтерпрес ЛТД [Vishnevsky, V.I. (2015). *Ecological tourism*. Kyiv: Interpress LTD] (in Ukrainian)
- Дмитрук, О.Ю., Дмитрук, С.В. (2009). *Екотуризм*. Київ: Альтерпрес [Dmytruk, O.Yu., & Dmytruk, S.V. (2009) *Ecological tourism*. Kyiv: Alterpres] (in Ukrainian)
- Дослідження та перспективи екотуристичного використання печери Княгиня (Ужанський національний природний парк). Офіційний сайт [Електронний ресурс] [The studies and prospects of eco-tourism use of Knyagina Cave (Uzhan National Natural Park). Official site. Retrieved from <https://infotour.in.ua/shevchuk-1>] (in Ukrainian)
- Іваник, Ю.М., Лук'янчук, Н.Г. (2021). Оцінка ступеню пошкодження деревостанів та заходи боротьби із шкідниками та хворобами у Волосянківському лісництві ДП «Великобerezнянське лісове господарство». *Збірник матеріалів доповідей студентів, аспірантів, слухачів Малої лісової академії*. Львів: НЛТУ України, 56-58. [Ivanyk, Yu.M., & Lukuanchuk N.G. (2021). Assessing the degree of damage to forest stands and pest and disease control measures in the Volosyankiv forest district of the Velikobereznyan Forestry Enterprise. In N.G. Lukuanchuk (Ed.), *Collection of reports of students, graduate students, trainees of the Small Forestry Academy*, 56-58. Lviv, Ukraine: Ukrainian National Forestry University] (in Ukrainian)
- Карпюк, Ф.В. (2013) *Сучасний стан, проблеми та перспективи розвитку екотуризму в Закарпатській області*. Офіційний сайт [Електронний ресурс] [Karpyuk, F.V. (2013). The current state, problems and prospects of the development of eco-tourism in the Transcarpathian region. Official website. Retrieved from <https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/bitstream/lib/1894/1>] (in Ukrainian)
- Кифяк, В.Ф. (2003). *Організація туристичної діяльності в Україні*. Чернівці: Зелена Буковина [Kyfiak, V.F. (2003). *Organization of tourist activities in Ukraine*. Chernivtsi: Zelena Bukovyna] (in Ukrainian)
- Кричевська, Д. (2005). Планувальна організація території Ужанського національного природного парку. *Вісник Львівського університету. Серія географічна*, 32, 130-141 [Krychevska, D. (2005) Planning organization of the territory of the Uzhan National Nature Park. *Bulletin of Lviv University. Geographical series*, 32, 130-141. Retrieved from <http://publications.lnu.edu.ua/bulletins/index.php/geography/article/view/3232>] (in Ukrainian)
- Москвяк, Я.С. (2022). Сучасний стан та перспективи розвитку екологічного туризму в Карпатському регіоні України. *Вісник Хмельницького національного університету*, 2(1), 184-188 [Moskvyak, Ya. E. (2022). The current state and prospects for the development of ecological tourism in the Carpathian region of Ukraine. *Bulletin of the Khmelnytskyi National University*, 2(1), 184-188 [https://doi.org/10.31891/2307-5740-2022-304-2\(1\)-26](https://doi.org/10.31891/2307-5740-2022-304-2(1)-26)] (in Ukrainian)
- Новицька, С.Р. (2013). Екологічний туризм як пріоритетний напрямок сталого розвитку туристичної сфери. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія Географія*, 2, 164-169 [Novytska, S.R. (2013). Eco-tourism as a priority direction of sustainable development of the tourism sphere. *Scientific notes of the Volodymyr Hnatyuk Ternopil National Pedagogical University. Geographical series*, 2, 164-169. Retrieved from http://nbuv.gov.ua/UJRN/NZTNPUg_2013_2_24] (in Ukrainian)
- Попович, С.Ю. (2007). *Природно-заповідна справа*. Київ: Арістей [Popovych, S.Yu. (2007). *Nature reserve business*. Kyiv: Aristei] (in Ukrainian)
- Порушення в національних парках України. Офіційний сайт [Електронний ресурс] [Violations in national parks of Ukraine. Official website. Retrieved from <http://www.uahunter.com.ua/forum/narusheniya-nacionaln-parkah-ukrain-t77406.html>] (in Ukrainian)
- Розвиток туризму на території національних природних парків. Офіційний сайт [Електронний ресурс] [Development of tourism in the territory of national natural parks. Official website. Retrieved from <https://tourinform.org.ua/rozvytok-turyzmu-na-terytoriyi-natsionalnyh-pryrodnyh-parkiv>] (in Ukrainian)
- Стойко, С., Гадач, Е., Шимон, Т., Михалик, С. (1991). *Заповідні екосистеми Карпат*. Львів: Світ [Stoyko, S., Gadach, E., Shimon, T., & Mykhalyk S. (1991). *Protected ecosystems of the Carpathians*. Lviv: Svit] (in Ukrainian)
- Стойко, С.М., Копач В.О. (2012). *Сторіччя створення пралісових резерватів в Українських Карпатах*. Програма ЮНЕСКО «Людина і біосфера» Офіційний сайт [Електронний ресурс] [Stoyko, S.M., & Kopach, V.O. (2012). *Centenary of the creation of primeval forest reserves in the Ukrainian Carpathians*. UNESCO program «Man and Biosphere». Retrieved from http://awsassets.panda.org/downloads/pralisy_indd_1_1.pdf] (in Ukrainian)
- Ужанський національний природний парк. Офіційний сайт [Електронний ресурс] [Uzhansky National Nature Park. Official website. Retrieved from <https://uzhanskyi-park.in.ua/pro-nas/dokumenty/>] (in Ukrainian)
- Barkaszi, Z., & Koval, N. (2019). Small mammals of Uzhanskyi National Park (Ukrainian Carpathians) and its vicinities: a preliminary analysis. *Наукова електронна бібліотека періодичних видань*

НАН України, 17, 28-35. <http://doi.org/10.15407/pts2019.17.028>

Monitoring of rare plants species populations of Ukraine. Ukrainian Nature Conservation Group. Retrieved from <https://uncg.org.ua/en/projects/monitoring-of-rare-plants-species-populations-of-ukraine/>

Symochko, L., & Fizer, A. (2017). Authentic soil microbial communities in primeval forest ecosystems of Uzhanskyi National Nature Park. *Fundamental and Applied Soil Science*, 18(3-4), 51-56. <https://doi.org/10.15421/041715>

Analysis of the prospects for the development of eco-tourism of the Uzhan national nature park in the post-war period

N. Lukianchuk¹, Yu. Ivanyk²

The purpose of this paper is to study the condition of the existing Uzhan National Nature Park facilities that are suitable for the active development of eco-tourism activities and to outline further prospects for the development of eco-tourism in the territory of the NPP. The SWOT analysis method was applied to determine the level of economic development. Strengths designed to ensure accelerated progress towards the achievement of strategic goals as well as weaknesses that inhibit the development of the economy in the direction of eco-tourism are identified.

Eco-tourism is actively developing in the Uzhan National Nature Park, allowing tourists to get acquainted with natural ecosystems, geological and geomorphological sights. For this purpose, a network of eco-tourism trails has been laid in the protected areas.

The main tasks of the Uzhan National Nature Park are the preservation of valuable natural and historical-cultural complexes and facilities located on its territory. Effective functioning of unique natural complexes and rational use of natural potential also contribute to the development of eco-tourism. For this purpose, scientific studies of natural complexes and their changes in the

conditions of recreational load and efficient use of natural resources are carried out in the Park.

By geographical location and natural and climatic conditions, the territory is mountainous. The territory is almost completely covered with forests, and the forest tracts are among the richest ones in the Transcarpathian region in terms of wood raw materials, wild fruits and berries, as well as medicinal raw materials.

Mountain plant communities, endemic species, relict species and endangered species are protected in the Park. The protected area functions as one of the most important centers of natural distribution of large mammals in Europe. The Park demonstrates a rare combination of wildlife and rich cultural heritage.

This territory contains elements of cultural heritage, in particular the remains of Lemkiv and Boykiv rural and sacred wooden architecture, as well as traditional models of land use and mountain pasture management. The location of the Park territory is characterized by the absence of environmental threats associated with the industrial activities and other man-made objects that can cause a significant negative anthropogenic impact on the environment.

However, a number of problems for the active development of eco-tourism have been identified. Despite the inclusion of the NPP in the “Eastern Carpathians” biosphere reserve, there is a low level of international cooperation and partnership relations with nature reserves of other countries. The Park covers the natural lands of three land users, because of which there arise certain difficulties in the coordination of their actions.

Illegal large-scale felling is being observed in the economic zone of the Park. A significant area of the territory is occupied by European spruce cultures, which were created at the beginning of the 20th century. Today, these forests are drying up due to the spread of diseases. A significant area of derivative stands requires the application of special silvicultural treatments in particular, this applies to preventive measures to protect the forest from pests and diseases.

We also believe that conditions should be created for organized and effective recreation for the local population, as well as other types of recreational activities in natural conditions while observing the regime of protection of preserved natural complexes and facilities. The importance of the preservation and proper use of forests, as well as more active involvement of the public in the forest regeneration and protection of forest landscapes, should be especially popularized among the population.

We believe that the Uzhan National Nature Park needs an effective state financing mechanism, the creation of modern favorable conditions for recreation, the image formation, advertising and marketing strategy.

Key words: eco-tourism; natural resources; nature reserve fund; forest plantations; economic activity.

¹ *Nelia Lukianchuk* – Corresponding Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, PhD in Agricultural Sciences, associate professor, Department of Ecology, Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynyk st., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: +38-067-983-77-73. E-mail: Lukyanchuk@nltu.edu.ua ORCID: 0000-0003-2354-2446

² *Yuriy Ivanyk* – Forestry, state Enterprise “Velykoberezhnyanske Forestry”, 18 Rybalska st., smt Velyky Bereznyy, 89000, Transcarpathian region, Ukraine. Tel.: +38-067-164-73-22. E-mail: ivannikurij@gmail.com

6. ДЕРЕВООБРОБНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ЛІСОВА ІНЖЕНЕРІЯ



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

<http://fasu.ntu.edu.ua>
<https://doi.org/10.15421/412216>
Article received 2022.11.09
Article accepted 2022.12.29

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

Механічні властивості фанери, склеєної термопластичною плівкою первинного поліетилену низької густини

П. А. Бехта¹, І. І. Кусняк², О. М. Чернецький³, Н. С. Бехта⁴

Термопластичні плівки – один із перспективних видів клейових матеріалів для виготовлення нетоксичної фанери. У цій роботі запропоновано використання первинної термопластичної плівки поліетилену низької густини (ПЕНГ) для виготовлення фанери. Основним завданням дослідження було з'ясувати механічні властивості фанери, склеєної зі шпону різних порід деревини плівкою ПЕНГ різної товщини. Для кращого розуміння процесу склеювання листів луценого шпону термопластичною плівкою було використано деревину різних порід – тополі, берези, граба та бука, а також різні товщини плівки – 50, 80, 100 і 150 мкм. Для порівняння виготовляли фанеру, склеєну карбамідоформальдегідним клеєм.

Результати дослідження продемонстрували, що зразки фанери з використанням шпону деревини усіх досліджуваних порід, склеєних плівкою ПЕНГ, володіють задовільними механічними властивостями: міцністю на зріз, міцністю на згин та модулем пружності. Встановлено, що така фанера, за значеннями міцності на зріз, має досить високі показники, які перевищують рекомендоване значення міцності 1,0 МПа згідно стандарту EN 314-2. З'ясовано, що порода деревини шпону більшою мірою впливає на механічні властивості фанери, тоді як товщина плівки ПЕНГ впливає меншою мірою. Фанера з тополевого шпону мала найнижчі значення міцності на згин та модуля пружності, крім міцності на зріз, яка була на тому ж рівні, що і для березової та грабової фанери. Зразки букової фанери мали найкращі механічні властивості.

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: Lokiorest@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>

На загал, результати дослідження підтвердили доцільність заміни рідкого термореактивного карбамідоформальдегідного клею на термопластичну плівку ПЕНГ для виготовлення малотоксичної фанери, яку можна застосовувати у виробництві меблів (особливо – дитячих) та оформленні інтер'єру і екстер'єру.

Ключові слова: луцений шпон; деревина різних порід; полімери; плівка ПЕНГ; міцність на зріз; міцність на згин; модуль пружності.

Вступ. З огляду на світову тенденцію виробництва та споживання деревинних композиційних матеріалів (ДКМ), фанерне виробництво є одним із найперспективніших (рис. 1) (FAO, 2021).

Сфера застосування фанери розширюється завдяки її високим фізико-механічним властивостям. В основному, фанеру використовують у будівництві, вагоно- та суднобудуванні, виробництві меблів, дитячих іграшок, для пакування тари тощо.

Однак, впродовж декількох останніх років дедалі більше цінуються екологічні аспекти виробництва ДКМ та продукції на їх основі. Це, з одного боку, посилює привабливість до таких виробів, а з іншого – підштовхує виробників до пошуку нетоксичних клейових матеріалів. Адже відомо, що для виготовлення деревинних композитів використовують переважно синтетичні термореактивні клеї, виготовлені на основі фенолів, карбаміду та формальдегіду (карбамідоформальдегідні (КФ), фенолоформальдегідні (ФФ) та їхні різновиди).

КФ клеї володіють високою адгезією до деревини, теплостійкістю і добрими діелектричними властивостями, дешеві, недефіцитні, утворюють безбарвні клейові шви та мають високу швидкість затвердіння. Однак недоліками таких клеїв є їхня крихкість, невисока водостійкість, а найголовніше – токсичність. ФФ клеї утворюють клейові з'єднання високої міцності, водо-, атмосферо-, біо- та теплостійкі, стійкі до агресивних середовищ і мають високі діелектричні властивості. Однак вони є дорожчими порівняно з КФ клеями. Загальним недоліком термореактивних клеїв є те, що вони екологічно небезпечні для довкілля і токсичні для людини, тому що випари формальдегіду та інших речовин можуть викликати ракові захворювання (World Health Organization, 2004).

Однак вони є дорожчими порівняно з КФ клеями. Загальним недоліком термореактивних клеїв є те, що вони екологічно небезпечні для довкілля і токсичні для людини, тому що випари формальдегіду та інших речовин можуть викликати ракові захворювання (World Health Organization, 2004).

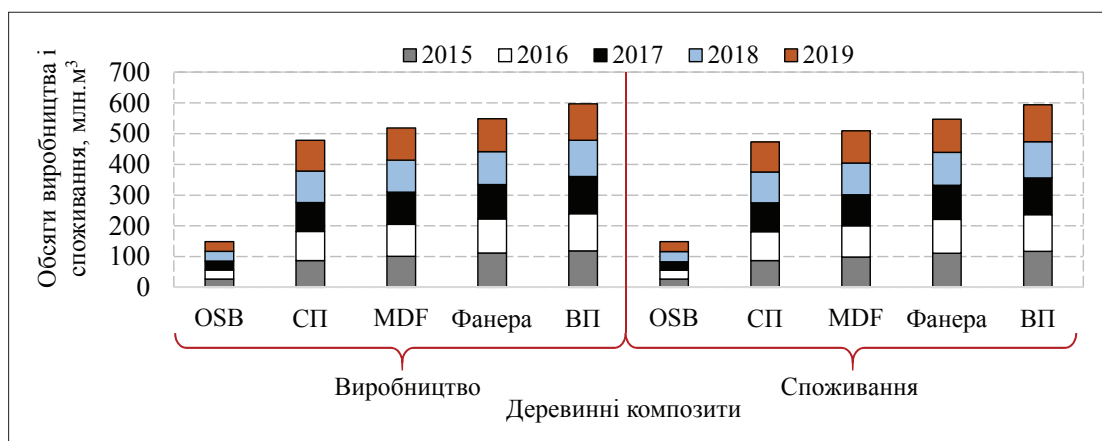


Рис. 1. Обсяги світового виробництва і споживання ДКМ: OSB – орієнтовано-стружкова плита, СП – стружкова плита, MDF – волокниста плита середньої щільності, ВП – волокниста плита

Fig. 1. World production and consumption of wood composites: OSB – oriented strand board, SP – particleboard, MDF – medium density fiberboard, VP – fiberboard

Незважаючи на низку досліджень у напрямі зменшення токсичності клеїв (Hu, Nakao, Nakai, Gu, & Wang, 2005; Huang, & Li, 2008; Kishi et al., 2006; Liu, & Li, 2007; Mittal, & Sharma, 1992; Sowunmi, Ebewe, Conner, & River, 1996; Tohmura, Li, & Qin, 2005; Umemura, Takahashi, & Kawal, 1999), істотного вирішення проблеми виділення формальдегіду з виробів на їхній основі дотепер не існує. Зв'язування його різними добавками, стабілізація процесу поліконденсації термореактивних смол, на жаль, не вирішує головного завдання щодо проблеми екологічності продукції, а лише призводить до підвищення економічних затрат.

Саме тому використання термопластичних плівок у виробництві ДКМ, зокрема фанери, на сьогодні

є актуальним завданням і вимагає проведення досліджень з метою оцінювання її фізико-механічних властивостей. Термопластичні полімери на основі ПЕНГ, поліетилену високої густини (ПЕВГ), поліпропілену (ПП) тощо – не містять формальдегіду, який вважається фактором ризику для здоров'я, особливо тих, хто бере участь у виробничому процесі, а також зручні у використанні (Кусняк, 2020).

Впродовж останніх років здійснюють дослідження, спрямовані на можливість склеювання шпону різними термопластичними плівками у виробництві фанери (Бехта, Кусняк, 2019; Bekhta, & Sedliačik, 2019; Bekhta, Müller, & Hunko, 2020; Chang, Guo, & Tang, 2017; Fang et al., 2012, 2013; Han, & Lee, 1997; Song et al., 2016, 2017). Відмінністю

такого способу склеювання є те, що замість рідкого синтетичного терморективного клею між суміжними листами шпону використовують термопластичну плівку, яка дає змогу усунути з технологічного процесу складні операції приготування та нанесення клею на поверхню шпону. Для склеювання листів шпону у виробництві фанери дослідники пропонують використовувати термопластичні плівки ПЕВГ (Bekhta, & Sedliačik, 2019; Chang et al., 2017; Fang et al., 2012, 2013; Han, & Lee, 1997; Song et al., 2016), ПЕНГ (Bekhta et al., 2020) та ПП (Song et al., 2017).

У низці робіт (Chang et al., 2017; Fang et al., 2012, 2013; Song et al., 2016) для виготовлення шаруватого композиту пропонувано використати листи лущеного шпону з деревини тополі і плівку ПЕВГ. Склеювали тришарову або п'ятишарову фанеру. Режим склеювання у кожному дослідженні був різним, оскільки здійснювали пошук оптимального режиму. Витрата плівки ПЕВГ була різною в усіх дослідженнях. Досліджуваними показниками були фізико-механічні властивості композиту. Автори з'ясували, що глибина проникнення розплаву полімеру в структуру шпону збільшується із збільшенням вмісту ПЕВГ, температури і тиску пресування, але не з підвищенням вмісту вологи, тоді як автори (Han, & Lee, 1997) досліджували адгезійні властивості фанери, виготовленої із лущеного шпону деревини сосни та *halas* підвищеної вологості – 11,4 та 19,6%. Для оцінювання адгезійних властивостей фанери використовували електронну мікроскопію. Встановлено, що показники міцності фанери, склеєної зі шпону різної вологості, не погіршуються і, що полімерна плівка склеює листи шпону за рахунок її проникнення в тріщини (порожнини) та серцевинні промені шпону. Для виготовлення фанери використовували також шпон деревини евкаліпта вологістю 9% та ПП плівку завтовшки 0,04 мм (Song et al., 2017). За результатами досліджень (Chang et al., 2017; Fang et al., 2012, 2013; Han, & Lee, 1997; Song et al., 2016) з'ясовано, що термопластичні плівки можна використовувати як клей у виробництві фанери, оскільки міцність з'єднання відповідає вимогам стандарту GB / T 9846.3 2004.

Науковці (Bekhta, & Sedliačik, 2019) запропонували склеювати фанеру на основі вільхового шпону та ПЕВГ. Для порівняння властивостей фанери, склеєної ПЕВГ, виготовляли фанеру, склеєну КФ і ФФ клеями. У процесі роботи (Bekhta et al., 2020) для виготовлення фанери використовували струганний шпон бука, берези та ялини, склеєних термопластичними плівками LDPE (ПЕНГ), CoPA, CoPE. Встановлено, що фанера, склеєна з листів шпону деревини хвойних порід, має набагато нижчі значення міцності на згин (MOR), модуля пружності (MOE) та міцності на зріз, ніж склеєна з деревини листяних порід. Значення міцності на зріз фанери, склеєної термопластичними плівками, знаходиться в межах від 1,18 до 2,51 МПа. За одержаними результатами (Бехта, Кусняк, 2019; Bekhta et al., 2020), фізико-механічні властивості фанери,

склеєної ПЕВГ та ПЕНГ, відповідають європейському стандарту EN 314-2 для фанери I класу.

Проведений аналіз останніх досліджень та публікацій з питання виробництва нетоксичної фанери показав, що отримані результати можна застосовувати у виробничих умовах. Але у виконаних дослідженнях в основному використовували шпон тополі, вільхи та евкаліпту. Тому, враховуючи позитивний досвід науковців, виникає необхідність у подальших дослідженнях щодо оцінювання механічних властивостей фанери, склеєної ПЕНГ, з лущеного шпону деревини тих порід, які найчастіше використовують для її виготовлення (тополя, береза), а також інших порід – бука і граба.

Виконані експериментальні дослідження спрямовані на вирішення *актуальної проблеми* – виробництва фанери зі шпону деревини різних порід на основі нетоксичних плівкових термопластичних полімерів.

Мета дослідження – з'ясувати механічні властивості фанери, виготовленої з лущеного шпону деревини м'яких і твердих листяних порід, склеєного первинною термопластичною плівкою ПЕНГ різних товщин.

Об'єкти і методика досліджень (Objects and methods). *Об'єкт дослідження* – технологічний процес виготовлення фанери з використанням як клею первинної термопластичної плівки ПЕНГ. *Предмет дослідження* – закономірності впливу деревини різних порід і товщини первинної термопластичної плівки ПЕНГ на механічні властивості фанери.

Експериментальні дослідження виконували на лабораторному обладнанні у лабораторії кафедри технологій деревинних композиційних матеріалів, целюлози та паперу, а також кафедри хімії НЛТУ України (м. Львів). Температуру плавлення плівки ПЕНГ визначено методом візуального спостереження переходу полімеру (плівки) з твердого стану у розплавлений. Методом плоского пресування виготовлено дослідні зразки фанери. Фізичні методи дослідження застосовано для визначення товщини плівки, міцності фанери на зріз, міцності на згин та модуля пружності. Обробку отриманих результатів досліджень здійснено методами статистичного і дисперсійного аналізу.

Для проведення досліджень використовували лущений шпон розміром 300×300 мм тополі, берези, бука і граба завтовшки 0,75 мм, 1,55 мм, 0,45 мм і 1,5 мм відповідно. Вологість лущеного шпону 6±2%. Листи шпону склеювали первинною термопластичною плівкою ПЕНГ (ТОВ «Планета Пластик», м. Ірпінь, Україна) з такими ж розмірами, як шпон, і завтовшки 50, 80, 100 і 150 мкм (густина 0,92 г/см³, температура плавлення – 108°C). Товщини плівки ПЕНГ 50; 80; 100 і 150 мкм рівносильні витраті 46; 73,6; 92 і 138 г/м².

Виготовляли тришарову фанеру. Листи шпону у пакеті вкладали із взаємно перпендикулярним напрямком волокон деревини у суміжних шарах. Між суміжними листами шпону вкладали первинну тер-

мопластичну плівку ПЕНГ (замість нанесення шару рідкого клею). Сформований пакет шпону склеювали за таких режимних параметрів: тиск пресування – 1,4 МПа; температура пресування – 160°C; тривалість пресування – 4,5 хв. Після гарячого пресування фанеру піддавали стадії холодного пресування за тиску 0,7 МПа впродовж 5 хв за кімнатної температури, щоб зменшити її жолоблення та напруження. Після цього виготовлені 24 листи фанери кондиціонували сім діб за температури 20±2°C та вологості 65 ± 5%. Міцність фанери на зріз, міцність на згин та модуль пружності визначали згідно до стандартів (EN 314-1 (2004); EN 314-2 (1993); EN 310 (1993)) (рис. 2).

Міцність на зріз визначали після попередньої обробки для склеювання класу 1 – сухі умови, де зразки фанери занурювали у воду за температури 20±2°C на 24 години. Для порівняння результатів виготовляли фанеру з використанням КФ клею на основі карбамідоформальдегідної смоли марки КФ-МТ. Для приготування клею використовували 20%-ий розчин хлориду амонію як затверджувач та каолін, як наповнювач. Листи фанери, склеєні КФ-МТ клеєм, були виготовлені відповідно до параметрів пресування, які використовують у промислових умовах: тиск пресування – 1,8 МПа; температура пресування – 110°C; тривалість пресування – 6 хв, витрата клею – 110 г/м².

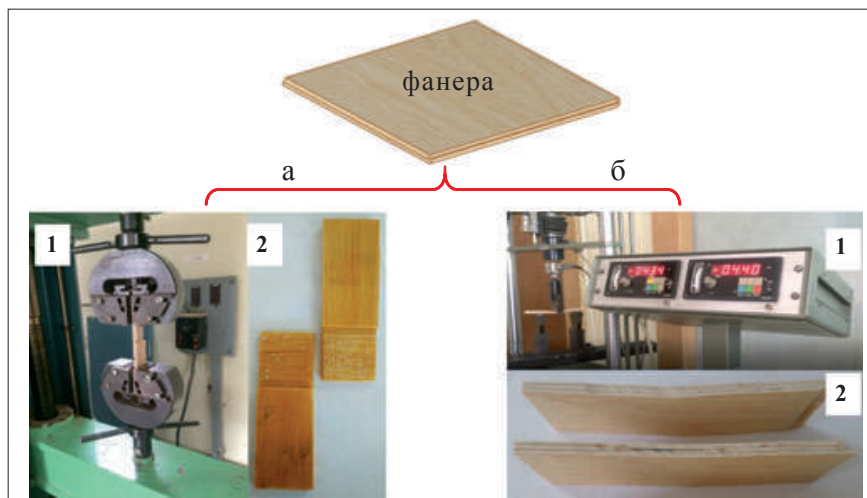


Рис. 2. Робочий момент випробування зразків фанери: а) визначення міцності на зріз; б) визначення міцності на згин та модуля пружності: 1 – зразок фанери в момент випробування; 2 – зразок фанери після випробування

Fig. 2. Working moment of testing plywood samples: a) determination of shear strength; b) determination of bending strength and modulus of elasticity: 1 – sample of plywood at the time of testing; 2 – plywood sample after testing

Статистичну обробку отриманих результатів проводили за допомогою програмного забезпечення SPSS версії 22 (IBM Corp., Armonk, NY, USA).

Результати (Results). Для з'ясування впливу породи деревини і товщини термопластичної плівки на механічні властивості фанери, виготовленої на основі первинної термопластичної плівки ПЕНГ, було проведено числову обробку отриманих результатів досліджень за допомогою аналізу ANOVA (англ. *Analysis of Variance*), результати якого наведено у табл. 1. Результати тесту ANOVA підтверджують, що порода деревини і товщина термопластичної плівки ПЕНГ мають статистично достовірний вплив на механічні властивості фанери ($p = 0,001 < 0,05$). За критерієм Фішера (F) встановлено, що порода деревини і товщина плівки суттєво впливають на всі механічні показники фанери.

Вплив породи деревини і товщини плівки на міцність фанери на зріз. Основним механічним показником, за яким оцінюють якість склеювання, є міцність на зріз, яку визначають згідно з положеннями стандарту EN 314-1. Згідно вимог стандарту EN 314-2, значення міцності на зріз для 1 класу з'єднання повинні бути вищими за 1,0 МПа.

На рис. 3 наведені порівняльні показники міцності на зріз фанери з лущеного шпону різних деревних порід, склеєного первинною термопластичною плівкою ПЕНГ різної товщини.

Отримані середні значення міцності фанери на зріз знаходяться в межах від 0,94 до 1,31 МПа для грабового шпону; від 1,03 до 1,44 МПа – для тополевого шпону; від 1,13 до 1,36 МПа – для березового шпону; від 1,54 до 1,77 МПа – для букового шпону. Усі значення міцності на зріз відповідають вимогам стандарту EN 314-2, окрім середнього значення зразків фанери, склеєних з листів грабового шпону термопластичною плівкою ПЕНГ завтовшки 80 мкм. Найвищі середні значення міцності було отримано для тополевої та букової фанери, склеєної плівкою ПЕНГ завтовшки 150 мкм – від 1,44 та 1,77 МПа відповідно, тоді як найменші показники міцності було зафіксовано для зразків фанери, склеєної плівкою ПЕНГ завтовшки 50 і 80 мкм – від 1,03 до 1,59 МПа відповідно.

Як бачимо з рис. 3, а також за результатами дисперсійного аналізу, вплив породи деревини і товщини плівки ПЕНГ на межу міцності на зріз фанери є суттєвим ($p = 0,001 \leq 0,05$) (див. табл. 1).

Проте, найбільший вплив на показники міцності фанери на зріз чинить порода деревини ($F = 81,526$). Відомо, що деревина є пористим матеріалом, тому проникнення в'язкотекучого розплаву полімеру в клітинну структуру відіграє важливе значення для забезпечення міцного механічного блокування (Chang et al., 2017). Використаний грабовий шпон для досліджень мав найбільшу щільність і товщину, що могло спричинити погіршення проникнення в'язкотекучого полімеру в структуру шпону через

високу в'язкість ПЕНГ. В загальному, прослідковується тенденція до збільшення показника міцності фанери на зріз зі збільшенням товщини досліджуваної плівки ПЕНГ. Це властиво відбувається внаслідок більшого заповнення кількості порожнин і клітин шпону полімером, що дає змогу утворювати міцне механічне блокування (Bekhta et al., 2022; Bekhta, & Sedliačik, 2019; Chang et al., 2017; Fang et al., 2013; Kajaks et al., 2012, 2014; Mittal, & Sharma, 1992; Smith Dai, & Ramani, 2002; Song et al., 2016).

Таблиця 1. Вплив змінних факторів на механічні властивості фанери

Table 1. The influence of variable factors on the mechanical properties of plywood

№ з.п.	Залежна змінна	Факторна взаємодія	Значення F – статистики	Значущість (P)
1	Міцність фанери на зріз	Порода деревини	81,526	0,001*
		Товщина плівки ПЕНГ	16,413	0,001*
		Порода деревини × Товщина плівки	3,355	0,001*
2	Міцність фанери на згин	Порода деревини	162,251	0,001*
		Товщина плівки ПЕНГ	6,773	0,001*
		Порода деревини × Товщина плівки	5,440	0,001*
3	Модуль пружності фанери	Порода деревини	136,243	0,001*
		Товщина плівки ПЕНГ	6,303	0,001*
		Порода деревини × Товщина плівки	1,536	0,150**

Примітка. * – суттєва різниця на рівні 5 % ($P \leq 0,05$); ** – несуттєва різниця

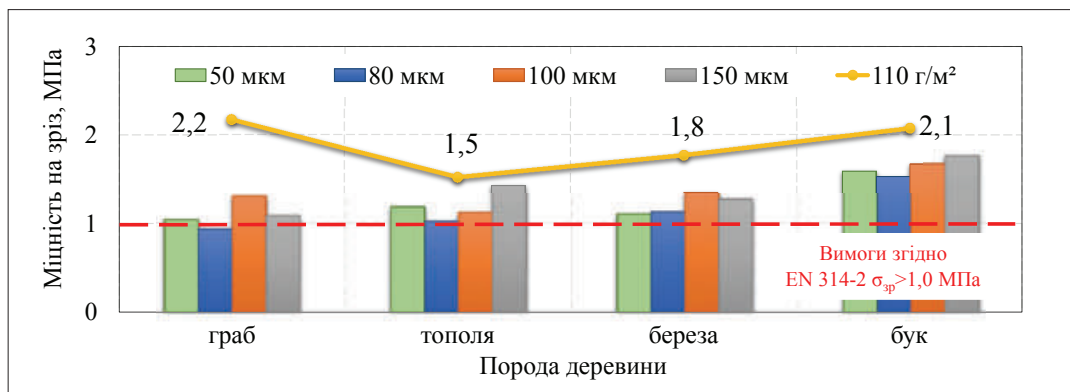


Рис. 3. Вплив породи деревини і товщини первинної плівки ПЕНГ на міцність фанери на зріз

Fig. 3. The influence of wood species and thickness of primary LDPE film on shear strength of plywood

Співставлення результатів середніх значень міцності фанери на зріз, склеєної плівкою ПЕНГ та КФ-МТ, вказує на відмінність між показниками, що можна пояснити більшою щільністю фанери, склеєної КФ-МТ клеєм, порівняно із фанерою, склеєною полімерною плівкою ПЕНГ (Bekhta et al., 2022).

Вплив породи деревини і товщини плівки на міцність фанери на згин та модуль пружності. Згідно результатів аналізу ANOVA, обидва змінні фактори (порода деревини і товщина плівки ПЕНГ) суттєво впливають на міцність фанери на згин і модуль пружності ($p \leq 0,05$). Найбільший вплив на показники міцності на згин і модуль пружності має поро-

да деревини, де $F = 162,251$ та $F = 136,243$ відповідно (див. табл. 1).

Середні значення показників міцності на згин найбільші для фанери з грабового шпону (129,5 МПа), а найменші – для тополевого (60,5 МПа) (рис. 4). Показники модуля пружності найбільші для зразків фанери з грабового та букового шпону (11 464,4 МПа і 13 830,8 МПа, відповідно), тоді як найменші – для фанери з березового і тополевого шпону (7 8064,4 МПа і 12 390,5 МПа, відповідно) (рис. 5).

Встановлено, що із збільшенням товщини плівки від 50 до 150 мкм показники міцності фанери

ри на згин зростають: для тополевої – від 60,47 до 63,8 МПа (на 5,5%), для березової – від 63,7 до 102,65 МПа (на 61,1%), для букової – від 82,96 МПа до 93,57 МПа (на 12,8%) і для грабової фанери – від 113,55 МПа до 129,45 МПа (на 14,0%) (див. рис. 4).

Подібну тенденцію підвищення значень спостережено для модуля пружності фанери: для тополевої – від 7 806,4 до 8 351,8 МПа (на 7,0%), для березової – від 10 038,0 до 12 390,5 МПа (на 23,4%), для букової – від 13 654,3 до 13 763,4 МПа (на 0,8%) і

для грабової фанери – від 11 464,5 до 13 352,1 МПа (на 16,5%) (див. рис. 5). Цей аспект можна пояснити тим, що зі збільшенням товщини плівки зростає витрата полімеру, що покращує заповнення ним порожнин і клітин деревини. Таким чином, відбувається механічне зчеплення шляхом формування клейових замків (Chang et al., 2017; Fang et al., 2013; Goto, Saiki, & Onishi, 1982; Kajaks et al., 2012; Lustosa, Menezzi, & Melo, 2015; Smith et al., 2002; Song et al., 2017).

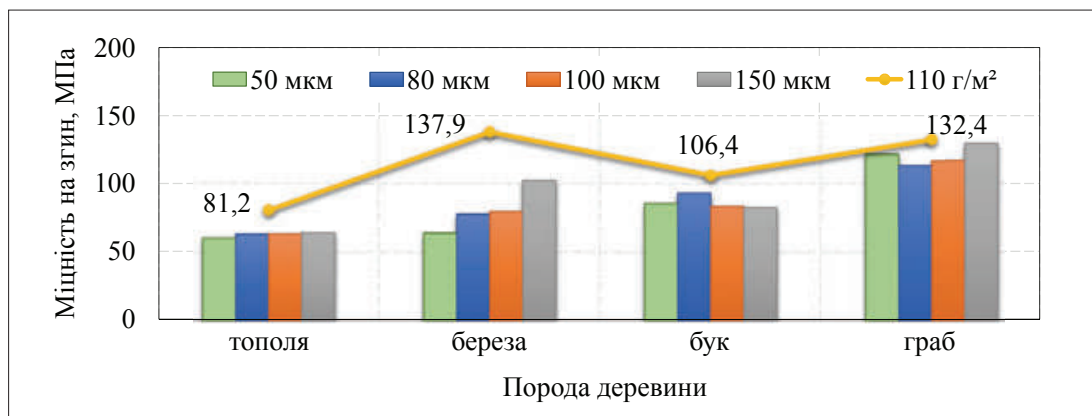


Рис. 4. Вплив породи деревини і товщини первинної плівки ПЕНГ на міцність фанери на згин

Fig. 4. The influence of wood species and thickness of primary LDPE film on bending strength of plywood

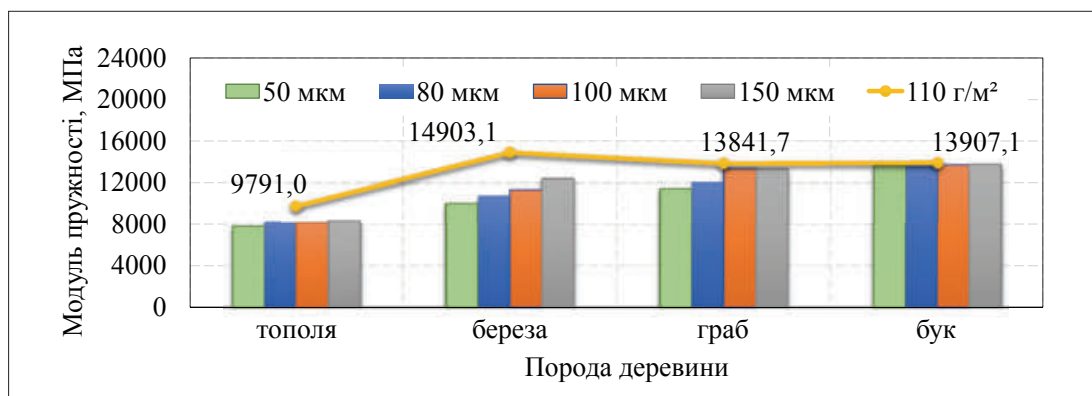


Рис. 5. Вплив породи деревини і товщини первинної плівки ПЕНГ на модуль пружності фанери

Fig. 5. The influence of wood species and thickness of primary LDPE film on modulus of elasticity of plywood

Варто зауважити, що показники міцності на згин і модуль пружності є найбільші для фанери, склеєної із букового та грабового шпону, адже вони мають більшу щільність, порівняно з деревиною тополі. Цікавим є те, що показники міцності на згин березової і тополевої фанери, склеєної термопластичною плівкою завтовшки 50 мкм, є майже однаковими – 63,7 та 60,47 МПа, відповідно. Цей аспект вказує на те, що, крім щільності деревини, на показники міцності впливає ще й товщина шпону.

Окрім того, для фанери зі шпону деревини листяних порід, склеєного КФ-МТ клеєм, найбільші показники міцності на згин встановлено для грабової (132,4 МПа), а найменші – для тополевої фанери (81,2 МПа), що можна пояснити більшою щільністю грабової фанери (819,4 кг/м³). Той факт, що по-

казники модуля пружності фанери зі шпону деревини листяних порід, склеєного плівкою ПЕНГ, дещо нижчі, ніж для фанери на основі КФ-МТ клею, є досить важливим моментом для виготовлення різних гнутих складних конструкцій.

Дискусія (Discussion). Дослідження показали, що фанера з використанням як клею термопластичної плівки ПЕНГ, за значеннями міцності на зріз хоч і поступається фанері на основі термореактивного клею КФ-МТ (див. рис. 3), але ці значення перевищують рекомендоване значення міцності 1,0 МПа згідно стандарту EN 314-2. Крім того, така фанера практично не містить вільного формальдегіду (Bekhta et al., 2022; Cui, Song, & Zhang, 2010). Значення міцності на статичний згин і модуля пружності фанери з використанням термопластичної

плівки співставні з аналогічними значеннями для фанери з використанням КФ-МТ клею. Одержані результати порівнювали також з результатами

досліджень інших науковців (Бехта, Кусняк, 2019; Bekhta, & Sedliačik, 2019; Fang et al., 2012, 2013; Lustosa et al., 2015; Song et al., 2017) (табл. 2).

Таблиця 2. Механічні властивості фанери на основі термопластичних полімерів

Table 2. Mechanical properties of plywood based on thermoplastic polymers

Показник	Вид полімеру						
	ПЕВГ ¹	ПЕВГ ²	ПЕВГ ³	ПЕВГ ⁴	ПЕНГ ⁵	ПП ⁶	ПЕНГ ⁷
Порода деревини	амескла	тополя	тополя	вільха	береза	евкаліпт	тополя, береза, бук, граб
Товщина фанери, мм	12-16	8	4,5	4,6	7,5	7-8	1,31-4,62
Межа міцності на зріз, МПа	2,32	1,46	1,15	2,38	1,56	1,41	0,94-1,77
Межа міцності під час згину, МПа	91,0	82,78	62,0	119,3	105,83	106,0	60,47-129,45
Модуль пружності, $\times 10^3$ МПа	10,83	7,48	6,42	9,51	10,50	13,70	7,81-13,83

Примітка. 1. ПЕВГ – поліетилен високої густини (Lustosa et al., 2015); 2. ПЕВГ – поліетилен високої густини (Fang et al., 2013); 3. ПЕВГ – поліетилен високої густини (Fang et al., 2012); 4. ПЕВГ – поліетилен високої густини (Bekhta, & Sedliačik, 2019); 5. ПЕНГ – поліетилен низької густини (Бехта, Кусняк, 2019); 6. ПП – поліпропілен (Chang et al., 2017); 7. ПЕНГ – поліетилен низької густини (отримані результати досліджень).

Таке порівняння показало, що механічні показники фанери залежать від породи деревини, виду термопластичної плівки, товщини плівки і товщини фанери. Зокрема, було відзначено (Bekhta et al., 2020), що порода деревини і вид термопластичного полімеру значно впливають на фізико-механічні властивості фанери. У своїх дослідженнях науковці для виготовлення фанери використовували струганний шпон бука, берези та ялини, склеєний різними термопластичними плівками – LDPE (ПЕНГ), CoPA і CoPE. Було встановлено, що фанера, склеєна з листів ялинового шпону, має набагато нижчі значення міцності на згин (MOR), модуля пружності (MOE) та міцності на зріз, ніж склеєна з букового і березового шпону. З погляду міцності склеювання, плівка CoPA найкраще склеювала буковий і березовий шпон, тоді як плівка CoPE – ялиновий. Найнижчу міцність на зріз продемонстрували зразки фанери, склеєні LDPE.

Отже, за результатами досліджень отримано і встановлено динаміку фізико-механічних властивостей фанери та з'ясовано, що термопластичну плівку ПЕНГ можна використовувати для склеювання як хвойних, так і листяних порід деревини.

Висновки (Conclusions). На підставі отриманих результатів можна констатувати, що використання первинної плівки ПЕНГ для склеювання шпону з деревини листяних порід є доволі актуальним з погляду екологічності і доступності. Встановлено, що фанера зі шпону деревини листяних порід, склеєною плівкою ПЕНГ, володіє задовільними механічними показниками залежно від використовуваної товщини полімеру. Плівку ПЕНГ завтовшки 80, 100 і 150 мкм можна успішно використовувати для склеювання фанери з використанням шпону з деревини

різних порід – бука, граба, берези, тополі. Порода деревини істотно впливає на механічні властивості фанери. Висока щільність деревини бука, граба і берези забезпечує фанеру високими показниками модуля пружності. Товщина шпону та кількість полімеру (товщина, яка проникає в структуру деревини, суттєво впливає на показники міцності фанери на зріз. Зразки букової фанери мали найвищі механічні показники. Значення механічних показників фанери збільшуються із збільшенням товщини плівки ПЕНГ від 50 до 150 мкм.

Заміна термореактивних клеїв у технології виготовлення фанери термопластичними плівками ПЕНГ відкриває широкий спектр привабливих перспектив, зокрема для виготовлення гнотоклеєних виробів. Такий спосіб виробництва фанери дасть змогу виготовляти малотоксичну продукцію із задовільними фізико-механічними показниками.

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). Ефективність виробництва фанери склеєної термопластичною плівкою. *Науковий вісник НЛТУ України, 30(2)*, 88-92 [Kusniak, I. I. (2020). Efficiency of the glued plywood production with thermoplastic film. *Scientific Bulletin of Ukrai-*

- nian National Forestry University, 30(2), 88-92. <https://doi.org/10.36930/40300216>] (in Ukrainian)
- Bekhta, P., Chernetskyi, O., Kusniak, I., Bekhta, N., & Bryn, O. (2022). 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., Pizzi, A., Kusniak, I., Bekhta, N., Chernetskyi, O., & Nuryawan, A.A. (2022). Comparative Study of Several Properties of Plywood Bonded with Virgin and Recycled LDPE Films. *Materials*, 15, 4942, 1-15. <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>
- 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, 1-19. <https://doi.org/10.3390/polym12112582>
- 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>
- Cui, T., Song, K., & Zhang, S. (2010). Research on utilizing recycled plastic to make environment-friendly plywood. *Forestry Studies in China*, 2(4), 218-222. <https://doi.org/10.1007/s11632-010-0401-y>
- 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
- EN 314-1 (2004). Plywood—Bonding Quality—Part 1: Test Methods. [Published 2006-01-16]. Official publishing house. Brussels: European Committee for Standardization
- EN 314-2 (1993). Plywood—Bonding Quality—Part 2: Requirements. [Published 1993-15-04]. Official publishing house. Brussels: European Committee for Standardization
- 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>
- FAO (2021). Yearbook of Forest Products 2019. Retrieved from <https://www.fao.org/3/cb3795m/cb3795m.pdf>
- Goto, T., Saiki, H., & Onishi, H. (1982). Studies on wood gluing. XIII: Gluability and scanning electron microscopic study of wood-polypropylene bonding. *Wood Sci. Technol*, 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://www.researchgate.net/publication/264102161_Adhesion_Characteristics_and_Anatomic_Scanning_of_Plywood_Bonded_by_High_Density_Polyethylene
- Hu, Y., Nakao, T., Nakai, T., Gu, J., & Wang, F. (2005). Vibrational properties of wood plastic plywood. *Journal of Wood Science*, 51(1), 13-17. <https://doi.org/10.1007/s10086-003-0624-9>
- Huang, J., & Li, K. (2008). A new soy flour-based adhesive for making interior type II plywood. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 85, 63-70. <https://doi.org/10.1007/s11746-007-1162-1>
- 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>
- Kajaks, J., Reihmane, S., Grinbergs, U., & Kalniņš, K. (2012). Use of innovative environmentally friendly adhesives for wood veneer bonding. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences*, 61(3), 207-211. <https://doi.org/10.3176/proc.2012.3.10>
- Kishi, H., Fujita, A., Miyazaki, H., Matsuda, S., & Murakami, A. (2006). Synthesis of wood-based epoxy resins and their mechanical and adhesive properties. *Journal of Applied Polymer Science*, 102(3), 2285-2292. <https://doi.org/10.1002/app.24433>
- Liu, Y.J., & Li, K. (2007). Development and characterization of adhesives from soy protein for bonding wood. *International Journal of Adhesion & Adhesives*, 27(1), 59-67. <https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2005.12.004>
- Lustosa, ECB, Del Menezzi, CHS, 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. <http://dx.doi.org/10.1590/1516-1439.010615>
- Mittal, M., & Sharma, C.B. (1992). Studies on lignin-based adhesives for plywood panels. *Polymer International*, 29(1), 7-8. <https://doi.org/10.1002/pi.4990290103>
- 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>
- Sowunmi, S., Ebewe, R. O., Conner, A. H., & River, B. H. (1996). Fortified mangrove tannin-based plywood adhesive. *Journal of Applied Polymer Science*, 62, 577-584. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-4628\(19961017\)62:33.3.CO;2-X](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-4628(19961017)62:33.3.CO;2-X)
- Tohmura, S. I., Li, G. Y., & Qin, T. F. (2005). Preparation and characterization of wood polyalcohol-based isocyanate adhesives. *Journal of Applied Polymer Science*, 98, 791-795. <https://doi.org/10.1002/прим.22072>
- Umemura, K., Takahashi, A., & Kawal, S. (1999). Durability of isocyanate resin adhesives for wood. II. Effect of the addition of several polyols on the thermal properties. *Journal of Applied Polymer Science*, 74(7), 1807-1814. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-4628\(19991114\)74:7<1807::AID-APP24>3.0.CO;2-0](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-4628(19991114)74:7<1807::AID-APP24>3.0.CO;2-0)
- 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

Mechanical properties of plywood glued with the use of thermoplastic film of primary low density polyethylene

P. Bekhta¹, I. Kusniak², O. Chernetskyi³, N. Bekhta⁴

The plywood industry still most often uses phenol-formaldehyde (PF) and urea-formaldehyde (UF) resins. In Ukraine, 55-60 % of plywood products are made using thermosetting UF resins, and 40-45 % of plywood products are made using – PF resins. However,

their main disadvantage is formaldehyde emission. In addition, formaldehyde is emitted during the operation of plywood and other wood-based composite materials. This study is focused on the use of thermoplastic films in plywood technology as an alternative to replacing liquid thermoreactive and toxic adhesives.

In this paper, the use of thermoplastic films of primary low-density polyethylene (LDPE) for gluing veneer in the production of plywood is offered. The aim of the study was to determine the mechanical properties of plywood, such as shear strength, bending strength and modulus of elasticity, made of peeled veneer of different wood species bonded with primary LDPE film of different thicknesses. For a better understanding of the gluing process of veneer with a thermoplastic film, different wood species were proposed – poplar, birch, hornbeam and beech, as well as different thicknesses of the film – 50, 80, 100, and 150 μm . The obtained results were compared with the properties of plywood glued with UF adhesive.

The quality of bonding was evaluated by the shear strength value, which was determined in accordance with the EN 314-1 standard. The results of this study showed that the plywood samples made from veneer of various wood species and glued with primary LDPE thermoplastic film have satisfactory mechanical properties. It was found that the shear strength of plywood made from poplar, birch, hornbeam and beech veneer and glued with a primary LDPE thermoplastic film of different thicknesses meets the EN 314-1 standard for bonding class 1: dry conditions. It was also found that the wood species and thickness of the film significantly ($p \leq 0.05$) affects the mechanical properties of plywood. The plywood made from poplar veneer had the lowest values of bending strength and modulus of elasticity, in addition to the shear strength values, which were at the same level as for birch and hornbeam plywood. Beech plywood samples had the best mechanical properties. Increasing the thickness of the LDPE film improved the mechanical properties of the wood composite.

The values of mechanical properties meet the requirements of appropriate standards and confirm the suitability of using the thermoplastic film as adhesive instead of conventional UF adhesive for manufacture of plywood and its application under dry conditions. The production of plywood using thermoplastic films as an adhesive in comparison with the production of plywood glued with UF adhesive has a number of advantages due to the absence of: operations for preparing liquid glue; equipment for applying liquid glue to the veneer surface; washing the technological line for preparation and supply of glue; the need to clean equipment for applying glue; the need for disposal of waste resins and adhesives; emission of harmful fumes of formaldehyde and ammonia. However, further study should be done to solve the problem of poor compatibility of wood and LDPE film, which will help to expand their scope of application.

Key words: rotary-cut veneer; wood species; polymers; LDPE film; shear strength; bending strength; modulus of elasticity.

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.: +38-032-238-44-99, E-mail: bekhta@ukr.net ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4320-5247>

² Iryna Kusniak – PhD in 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 of 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>

7. РЕЦЕНЗІЇ, ВІДГУКИ ТА ВІТАННЯ

УДК 630*(092)

Лісоінженерія – технічна основа сталого розвитку лісового господарства (до 75-річчя від дня народження професора Миколи Адамовського)

В. С. Загорський, М. М. Борис, П. К. Динька, Г. Т. Криницький, В. П. Кучерявий, В. В. Лавний, В. О. Маєвський, С. І. Миклуш, І. Т. Ребезнюк, Ю. Ю. Туниця, Ю. І. Цинтилюк



Микола Григорович Адамовський – відомий український вчений в галузі лісової інженерії, Заслужений працівник народної освіти України, академік Лісівничої академії наук України, перший проректор Національного лісотехнічного університету України. Він належить до когорти вітчизняних вчених, які здійснили значний внесок у дослідження лісоінженерних проблем забезпечення міцності та надійності сталевих лив, а також у методику розрахунку і проектування ливових лісотransпортних систем. Виконані ним експериментальні дослідження є особливо актуальними й сьогодні і використовуються у дослідженнях теперішніх науковців та аспірантів. Він є автором і співавтором понад 170 наукових та науково-методичних праць, в т.ч. трьох галузевих стандартів вищої освіти, двох авторських свідоцтв і 28-ми статей, присвячених проблемам реформування і вдосконалення вищої освіти. Вчений є також автором понад 100 нормативно-правових і навчально-методичних документів, які регламентують освітньо-наукову діяльність університету.

Відомому українському вченому в галузі лісової інженерії, Заслуженому працівникові народної освіти України, першому проректорові Національного лісотехнічного університету України, професорові Миколі Григоровичу Адамовському виповнилося 75 років.

В його особі, яка щедро увібрала життєдайне батьківське тепло і мудрість Поліського краю, природно поєдналися такі іпостасі: непересічний науковець-інженер, талановитий педагог, кре-

ативний, виважений і досвідчений керівник та організатор освіти й науки, обдарований природою художник.

Микола Григорович Адамовський належить до когорти вітчизняних вчених, які здійснили значний внесок у дослідження лісоінженерних проблем забезпечення міцності та надійності сталевих лив, а також у методику розрахунку і проектування ливових лісотransпортних систем. Виконані ним експериментальні дослідження з визначення

оптимальних режимів навантаження несних лив підвісних лісотранспортних систем є особливо актуальними й сьогодні і використовуються у дослідженнях теперішніх науковців та аспірантів. Це пов'язано з переходом лісового господарства України від домінуючої на сьогодні суцільно-лісосічної системи господарювання до вибіркової, наближеної до природи. Наближене до природи лісівництво передбачає регулярне проведення вибіркового рубок, стимулювання природного поновлення та збереження самосіву і підросту деревних порід, тобто забезпечує сталий розвиток лісової галузі. Водночас успішна реалізація наближеної до природи системи лісогосподарювання буде можливою лише за умови науково-обґрунтованого використання ливових лісотранспортних систем.

Народившись 3-го серпня 1947 року на благодатному Поліссі (с. Рачин Дубенського району Рівненської області), він вирішує торувати свій нелегкий шлях на Львівщині. Доля розпорядилася так, що майже усе свідоме життя Миколи Адамовського нерозривно пов'язано з Львівським лісотехнічним інститутом (нині – Національний лісотехнічний університет України). Навчався (1966-1971) на факультеті механізації та автоматизації виробничих процесів, який закінчив з відзнакою у 1971 р. за спеціальністю «Машини і механізми лісової і деревообробної промисловості», здобувши кваліфікацію інженера-механіка. Після закінчення навчання були два незабутні роки служби в армії у Середній Азії.

У 1972-1975 рр. навчався в аспірантурі при кафедрі будівельної механіки у професора Н. М. Белої. Після закінчення аспірантури працював завідувачем лабораторії на кафедрі будівельної механіки, а з 1976 р. – асистентом цієї ж кафедри. У 1984 р. захистив кандидатську дисертацію за спеціальністю 05.06.02 – Машини і механізми лісозаготівель, лісового господарства. З 1986 по 1988 рр. – заступник декана заочного факультету, з 1988 р. – декан лісомеханічного факультету, а з 1993 р. і до цього часу працює першим проректором з науково-педагогічної роботи Лісотехніки. У 2003-2016 рр. одночасно обіймав посаду завідувача кафедри лісопромислового виробництва та лісових доріг. У 2016-2022 рр. – голова Вченої ради Національного лісотехнічного університету України.

У 2004 р. Миколі Григоровичу, як досвідченому викладачеві та вмілому вихователю молодого покоління, було присвоєно вчене звання професора кафедри лісових машин і доріг Національного лісотехнічного університету України. М. Г. Адамовський є вченим і педагогом, який сумлінно понад 40 років на високому науково-теоретичному і методичному рівні здійснює підготовку здобувачів вищої освіти (бакалаврів і магістрів) за спеціальностями 131 Прикладна механіка, 133 Галузеве машинобудування (освітня програма «Машини і обладнання лісового господарства») та 205 Лісове господарство (освітня програма «Лісова інженерія»), викладаю-

чи дисципліни «Експлуатація та обслуговування машин і обладнання», «Технічна експлуатація машин та обладнання лісозаготівель і лісового господарства», «Обслуговування і ремонт лісозаготівельного устаткування», «Наукові основи оптимального керування технічним станом машин».

Микола Адамовський – організатор і керівник, який вміє згуртувати навколо себе колектив для вирішення поставлених задач. Особливо натхненно та вміло він працює зі студентською молоддю, внаслідок чого у 1988 р. його обирають, на альтернативній основі, деканом новоутвореного лісомеханічного факультету. За активну участь у вихованні молодого покоління лісомеханіків, за безкорисливу передачу знань і свого багатого досвіду молодим фахівцям, за чуйне ставлення до студентів Миколу Григоровича називали «студентським деканом». Це звання він беззаперечно підтвердив під час демократичних перетворень у лісотехніці у час студентської «Революції на граніті», а пізніше – під час Помаранчевої революції та Революції гідності.

«Це викладач, який захоплює своїми знаннями, вмінням доступно і зрозуміло викладати матеріал складних технічних дисциплін, а також надзвичайно толерантна людина з дружнім ставленням до студентів» – так випускники шанобливо і високо оцінюють роботу професора Адамовського.

Професор М. Г. Адамовський очолює наукову школу з екологобезпечних та ресурсощадних технологій лісозаготівлі і транспортування деревини, здійснює керівництво аспірантурою. У 2007 р. Микола Григорович долучається до вирішення проблем транспортного освоєння лісових масивів. Поряд з іншими, він ініціює створення Галузевої науково-дослідної лабораторії лісових доріг і лісотранспортних засобів та науково-дослідної лабораторії технологічного обладнання лісопромислового виробництва під егідою МОН України і Держкомлісгоспу України та стає її науковим керівником. Цей крок став значним поштовхом для планування лісотранспортних мереж, проектування та будівництва лісових доріг на нових екологічно безпечних засадах, що надзвичайно важливо для сталого розвитку лісового господарства України.

Професором М. Г. Адамовським підготовлено двох кандидатів технічних наук, а двоє здобувачів наукового ступеня доктора філософії завершують підготовку дисертацій.

Микола Григорович Адамовський – академік Лісівничої академії наук України, член редакційної колегії збірника наукових праць «Науковий вісник НЛТУ України». Він є автором і співавтором понад 170 наукових та науково-методичних праць, в т.ч. одного підручника і восьми навчальних посібників, трьох галузевих стандартів вищої освіти, двох авторських свідоцтв і 28-ми статей, присвячених проблемам реформування і вдосконалення вищої освіти, опублікованих у наукових фахових виданнях з питань вищої освіти. Наукові праці професора

М.Г. Адамовського присвячені дослідженню оптимальних режимів навантаження несних ливів підвісних лісотранспортних систем з урахуванням приведеної жорсткості системи, експлуатаційної надійності та довговічності сталевих ливів. Він є автором понад 100 нормативно-правових і навчально-методичних документів, що регламентують освітньо-наукову діяльність університету.

Як перший проректор з науково-педагогічної роботи лісотехнічного університету, Микола Адамовський активно долучився до розвитку лісотехнічної освіти, підвищення її якості та конкурентноздатності. Вчений є одним з ініціаторів екологізації освіти та концепції екологічної компетентності фахівця, яка увійшла в Закон України «Про освіту» і була введена до інтегральних та спеціальних (фахових) компетентностей стандартів вищої освіти України, а також запровадження інноваційних технологій навчання і компетентнісного підходу.

Впроваджений ученим на підставі багатолітнього педагогічного і управлінського досвіду системний підхід до екологізації освіти реалізується шляхом впровадження сучасних технологій навчання та наповнення розроблюваних навчальних програм новим змістом, введенням екологічних знань у канву соціально-гуманітарних, фундаментальних, природничих, інженерних та професійно-орієнтованих дисциплін, формуванням синергетичного уявлення про світ, що диктується проблемами сталого розвитку. Набутий в Національному лісотехнічному університеті України досвід у царині екологізації освіти заслуховувався 27 листопада 2015 року на Колегії Міністерства освіти і науки України під час розгляду питання «Про екологізацію вищої освіти України з метою підготовки фахівців для сталого розвитку».

Професор М.Г. Адамовський – активний учасник науково-методичних конференцій зі ступеневої освіти, екологізації освіти, очолював робочі групи з підготовки університету до акредитації, був членом експертної ради з лісозаготівлі та деревообробки Державної акредитаційної комісії Міністерства освіти і науки України. Упродовж тривалого періоду (1994-2015) виконував обов'язки голови (заступника голови) науково-методичних комісій з вищої освіти Науково-методичної ради МОН України з напрямів (спеціальностей) підготовки здобувачів вищої освіти лісотехнічного профілю: 6.09200 Лісоінженерна справа (1994); 090104 Лісозаготівля та деревообробка (Перелік-1997); 090103 Лісове і садово-паркове господарство та 090104 Лісозаготівля (Перелік-2010). Був експертом Міністерства освіти і науки України з ліцензування та акредитації вищих навчальних закладів. Очолював роботу державних комісій з акредитації Львівської державної академії мистецтв (1999) і Хмельницького державного університету (2003).

М.Г. Адамовський брав участь у розробленні Державних галузевих стандартів вищої освіти (освітньо-кваліфікаційних характеристик, освітньо-

кваліфікаційних програм, засобів діагностики рівня освітньо-професійної підготовки бакалаврів) з напрямів «Лісоінженерна справа» і «Технологічне обладнання лісозаготівель та деревообробка» (1993); «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» (1994); «Лісозаготівля і деревообробка» (1994); «Обладнання лісового комплексу» (1996). Ці стандарти були розроблені на принципово нових засадах, а саме, переходу на ступеневу систему освіти. Вони були схвалені Інститутом змісту і методів навчання МОН України, затверджені МОН України і впроваджені в навчальний процес. На підставі цього Український державний лісотехнічний університет у 1994 р. був включений в експериментальну групу ЗВО України, які першими розпочали підготовку фахівців за ступеневою системою освіти. В цьому ж році в університеті було запроваджено кредитно-модульну систему навчання.

Під керівництвом М.Г. Адамовського виконано низку держбюджетних тем з проблем вищої освіти на замовлення Інституту змісту і методів навчання МОН України (№ ДБ Н.16-92, № ДР 0193 У34199; № ДБ 34.20-92, № ДБ 0295U003108; ДБ Н.2-97, № ДР 0197U017650; № ДБ Н.1-2000 ДР 0100 U001560). Отримані результати наукових досліджень було впроваджено в освітній процес університету та рекомендовано для впровадження у ЗВО України.

Перший проректор Микола Адамовський є ініціатором утворення у 1997 р. на базі університету навчального комплексу «Лісотехнічна освіта», до складу якого увійшли 15 закладів освіти I-II рівнів акредитації лісотехнічного профілю з різних регіонів України. Навчальний комплекс було створено для впровадження і вдосконалення системи ступеневої підготовки фахівців за інтегрованими навчальними планами та програмами, перепідготовки спеціалістів, проведення спільних наукових досліджень, розроблення навчально-методичного забезпечення та ефективного використання матеріально-технічної бази його учасників.

Професор М.Г. Адамовський здійснював керівництво підготовкою університету до акредитацій (1993, 1998, 2003, 2008, 2013, 2018, 2021), а також ліцензування спеціальностей та акредитації освітніх програм за Переліком-2015 (2015-2022).

Учений зробив значний внесок у налагодження та розвиток міжнародної співпраці університету, особливо під час виконання впродовж 1996-2002 рр. спільного європейського проекту ENARECO освітньо-наукової програми TEMPUS/TACIS у співпраці з провідними університетами міст Фрайбурга (ФРН), Падуя (Італія) та Гента (Бельгія). У рамках програми розроблено та впроваджено першу в континентальній Європі магістерську програму «Економіка довкілля та природних ресурсів», що дало змогу готувати фахівців за кваліфікацією «економіст-еколог» та істотно підвищити академічну мобільність студентів і науково-педагогічних працівників університету.

Професор М. Г. Адамовський – Заслужений працівник народної освіти України (1997) і кавалер ордена «За заслуги» III ступеня (2007) – Почесної відзнаки Президента України. Його нагороджено Почесними грамотами Кабінету Міністрів України (1999), Міністерства освіти України (2001), Міністерства промислової політики України (2007), Президії Федерації профспілок України (2013), грамотами Верховної Ради України (2018), Львівської обласної державної адміністрації, Львівської обласної ради (2016, 2017), Львівської обласної ради профспілок, нагрудними знаками МОН України «Відмінник народної освіти України» (1995) і «Петро Могила» (2007), відзнакою Державного комітету лісового господарства України «Почесний лісівник України» (2007), почесним знаком профспілки працівників освіти і науки України «За соціальне партнерство» (2017), подяками Державного агентства лісових ресурсів України (2017), Міністра аграрної політики та продовольства України (2014), Міського голови м. Львова (2017), дипломом Лауреата обласної премії Львівської обласної державної адміністрації, Львівської обласної ради відомим ученим і знаним фахівцям (2017).

Щиро вітаємо Вас, **вельмишановний Микола Григоровичу**, зі славним ювілеєм! Бажаємо Вам міцного здоров'я, щасливого довголіття, оптимізму, невичерпного запасу духовних сил, бадьорого настрою і творчого натхнення. Нехай радість, тепло, добро й щастя, якими Ви повсякчас ділитеся з колективом, завжди будуть з Вами, Вашими рідними і близькими!¹

Forest engineering – the technical basis for sustainable development of forestry (to the 75th birth anniversary of Professor Mykola Adamovskyi)

V. Zagorskyi, M. Borys, P. Dynka, G. Krynytskyi, V. Kucheryavy, V. Lavny, V. Majeovsky, S. Miklush, I. Rebeznyuk, Yu. Tunytsia, Yu. Tsintiliuk

Mykola Adamovskyi is a well-known Ukrainian scientist in the field of forest engineering, an Honoured Worker of Public Education of Ukraine, an academician of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, first vice-rector of the Ukrainian National Forestry University. He belongs to the cohort of Ukrainian scientists who have made a significant contribution to the study of forest engineering problems of ensuring the strength and reliability of steel aerial lines, as well as to the methodology for calculating and designing line forest transport systems. The experimental studies he carried out are particularly relevant today and are used in the scientific research of contemporary scientists and graduate students. He is the author and co-author of more than 170 scientific and methodological works, including three education-specific standards of higher education, two authorship certificates, and 28 articles devoted to the problems of reforming and improving higher education. He is also the author of more than 100 educational and methodological documents that regulate the educational and scientific activities of the university. He was an active participant in scientific and methodological conferences on graduate education, the greening of education. He headed working groups to prepare the university for accreditation and was a member of the expert council on logging and woodworking of the State Accreditation Commission of the Ministry of Education and Science of Ukraine. He was an expert of the Ministry of Education and Science of Ukraine on licensing and accreditation of higher education institutions.

¹ З глибоким сумом повідомляємо, що на час верстання цього випуску журналу Микола Григорович Адамовський відійшов у Вічність. Світла пам'ять про нього, про його науковий доробок і добрі справи назавжди залишаться у наших серцях.

УДК 630*(092)

Залісення Пристепових борів України різного цільового призначення та його роль у підвищенні лісівничо-екологічного потенціалу агроландшафтів (з нагоди 70-річчя академіка Лісівничої академії наук України, професора Володимира Шлапака)

Г. Т. Криницький, І. І. Мостов'як, Ю. М. Дебринюк



9 липня 2022 року виповнилося 70 років від Дня народження та 48 років виробничої і науково-педагогічної діяльності **Володимира Петровича Шлапака** – завідувача кафедри лісового господарства Уманського національного університету садівництва, академіка Лісівничої академії наук України, доктора сільськогосподарських наук, професора, відомого лісівника України, який 25 років свого життя присвятив виробництву і 23 роки – благородній справі підготовки науково-педагогічних кадрів, висококваліфікованих фахівців для лісового та садово-паркового господарства України. Вчений вперше провів комплексні дослідження у Пристепових борах України і середній частині Середнього Придніпров'я та здійснив узагальнення більш ніж 150-річного досвіду лісовідновлення. На сьогодні наукова діяльність ученого зосереджена у таких напрямках: створення штучних насаджень та інтродукція рослин; садово-паркове господарство; філософські проблеми еволюції органічного світу та явищ природи. Учений встановив тенденції змін типів старовинних і сучасних садово-паркових ландшафтів і насаджень парків Черкащини. Вивчив видове різноманіття насаджень, встановив їхню флористичну структуру, здійснив естетичну оцінку деревних насаджень, запропонував варіанти формування фітоценозів-аналогів та ландшафтно-планувальних підходів до здійснення консерваційних, реставраційних і реконструктивних заходів у зелених насадженнях.

Шлапак Володимир Петрович народився 9 липня 1952 р. у селі Паланка Уманського району Київської області (тепер – Черкаська обл.). Після закінчення Кузьминогребельської середньої школи в 1970 р. вступив, а в 1975 р. – завершив навчання в Українській сільськогосподарській академії (м. Київ) на лісгосподарському факультеті (тепер – НУБіП України), де здобув кваліфікацію інженера лісового господарства. Починаючи з 1975 р., ювіляр пройшов шлях від помічника лісничого, лісничого, головного інженера – до директора Смілянського держлісгоспу. У 1990 р. у Ленінградській лісотехнічній академії ім. С. М. Кірова захистив

дисертацію на тему: «Лісівничі оцінки агротехнічних прийомів створення і вирощування культур сосни в Черкаському бору» та здобув науковий ступінь кандидата сільськогосподарських наук зі спеціальності 06.03.01 – лісові культури, селекція, насадження та озеленення міст.

Важливою віхою у житті вченого став захист у 1997 р. в Національному аграрному університеті України (тепер – НУБіП України), докторської дисертації на тему: «Пристепові бори України та лісовідновлення в них», яка мала широкий резонанс серед наукової спільноти. За результатами захисту дисертаційної роботи В. П. Шлапак отримав

науковий ступінь доктора сільськогосподарських наук за спеціальністю 06.03.01 – лісові культури, селекція, насінництво та озеленення міст (тепер – лісові культури та фітомеліорація).

На підставі комплексного вивчення умов місцезростання різних вікових груп лісових ценозів у Пристепових борах України та середній частині Середнього Придніпров'я автором узагальнено та оцінено більш ніж 150-річний досвід лісовідновлення з урахуванням природної родючості ґрунтів та особливостей режиму їх зволоження. Ученим визначено запаси вологи впродовж вегетаційного періоду в ґрунтах Черкаського, Ізюмського та Чигиринського борів, потенційна забезпеченість ґрунтів азотомісними та іншими мінеральними речовинами, які за сприятливих умов можуть бути використані деревними рослинами.

Професор В. П. Шлапак встановив, що процес природного поновлення корінних насаджень сосни після зрубування материнських деревостанів, унаслідок задерніння ґрунту, розтягується на 50 і більше років, тому єдиним ефективним способом відновлення сосни в таких умовах є створення та формування штучних насаджень. Ученим встановлено, що зниження суми атмосферних опадів на 30-35% від середнього багаторічного значення у рік закладання деревами сосни репродуктивних бруньок зумовлює суттєве зниження маси 1000 насінин. Учений здійснив також лісівничо-екологічну оцінку агротехнологічних прийомів створення і вирощування лісових культур сосни звичайної на рухомих пісках, удосконалив агротехнологічні прийоми з передсадивного обробітку піщаних ґрунтів під культури сосни звичайної в сухих і свіжих борах та суборах з використанням розпушувача РН-60. Його дослідження мають вагомий практичний значення для удосконалення агротехнологічних прийомів створення і вирощування культур сосни звичайної під час залісення рухомих піщаних ґрунтів Середнього Придніпров'я.

Упродовж 25 років роботи професора В. П. Шлапака у лісовому господарстві Черкащини, за його проектами, науковими розробками та безпосередньою участю створено більше 1,5 тис. га лісових культур за участю сосни звичайної, дуба звичайного та інших деревних видів.

На сьогодні наукова діяльність ученого зосереджена у таких напрямках: створення штучних насаджень та інтродукція рослин; садово-паркове господарство; філософські проблеми еволюції органічного світу та явищ природи.

У лісокультурному напрямі основні наукові праці вченого присвячено актуальним проблемам лісокультурного виробництва, зокрема, дослідженню агротехнологічних прийомів створення і вирощування лісових культур на піщаних землях. Автор здійснив лісівничу оцінку впливу чистих і мішаних насаджень сосни звичайної на ґрунти, мікроклімат, трав'янисту рослинність, нагромадження органічного опаду, щільність заселення ґрунтовими безхребетними тваринами, режим живлення деревних

рослин, фізико-хімічні властивості ґрунту, біотичну стійкість та продуктивність деревостанів.

Впродовж 1999-2012 рр. професор В. П. Шлапак на запрошення директора Національного дендрологічного парку «Софіївка» – НДІ НАН України І. С. Косенка почав працювати заступником директора з наукової роботи, а в 2000 р. був зарахований за сумісництвом в Уманський аграрний університет на кафедру екології, декоративного садівництва і лісівництва. Протягом 2005-2006 рр. працював за сумісництвом завідувачем кафедри лісівництва та екології Уманського державного аграрного університету.

Саме в цей період учений розпочав вивчення старовинних парків та інтродукції деревних рослин, які було введено в культуру парків і лісових насаджень Правобережного Лісостепу України. Учений встановив та проаналізував тенденції змін типів старовинних і сучасних садово-паркових ландшафтів та насаджень парків Черкащини. Вивчив видове різноманіття насаджень, встановив їхню флористичну структуру, здійснив естетичну оцінку деревних насаджень, запропонував варіанти формування фітоценозів-аналогів та ландшафтнопланувальних підходів до здійснення консерваційних, реставраційних і реконструктивних заходів у зелених насадженнях населених місць Черкащини. Його дослідження мають вагомий практичний значення для удосконалення шляхів з оптимізації озеленення старовинних міст.

Професор В. П. Шлапак приділяє значну увагу розширенню асортименту деревних видів як у державному лісовому фонді, так і в озелененні вуличних та паркових насаджень за рахунок інтродукції нових порід. Учений є автором праць з дослідження інтродукованих видів, які віднесено до родів церціс (*Cercis* L.), маклюра (*Maclura* (Rafin.) Schneid.), софора (*Sophora* L.), катальпа (*Catalpa* Scop.), золотий дощ (*Laburnum* Medic.), горіх (*Juglans* L.), сосна (*Pinus* L.), гінкго (*Ginkgo* L.), секурінега (*Securinega* Comm. ex Juss.), тис (*Taxus* L.), туя (*Thuja* Don. ex D. Don), горобина (*Sorbus* L.), айлант (*Ailanthus* Mill.), в'яз (*Ulmus* L.), обліпіха (*Hippophae* L.), шовковиця (*Morus* L.), дуб (*Quercus* L.) та інших, що ростуть у Правобережному Лісостепу і Степу України.

На основі результатів досліджень професор В. П. Шлапак здійснює пошук принципово нових шляхів підвищення продуктивності насаджень, покращення їхньої біотичної стійкості проти уражень хворобами, пошкоджень шкідниками та лісовими пожежами за рахунок використання інтродуцентів у лісовідновленні.

Вчене звання професора кафедри садово-паркового господарства В. П. Шлапака присвоєно у 2006 р. в Уманському державному аграрному університеті (тепер – Уманський національний університет садівництва).

У 2012 р. професора В. П. Шлапака обрано завідувачем кафедри лісового господарства Уманського національного університету садівництва. Він продовжує займатися науковою тематикою з вивчення

еколого-біологічних особливостей аборигенних та інтродукованих у Правобережний Лісостеп і Степ України деревних, кущових і трав'яних рослин та використання їх у культурі.

Професор В.П. Шлапак сформував наукову школу з лісових культур та фітомеліорації. Під його керівництвом захищено 16 дисертацій з різних спеціальностей: 03.00.05 – ботаніка (к.б.н. В. А. Вітенко, к.б.н. Л. А. Колдар); 06.03.01 – лісові культури та фітомеліорація (кандидати біологічних наук С. О. Курка (Пукас), В. Д. Мазуренко, С. А. Адаменко, І. І. Миколайко) і кандидати сільськогосподарських наук (Г. П. Ішук, О. М. Баюра, В. Л. Кульбідський, О. С. Остапчук, І. Є. Іващенко, О. Ю. Марнокуца, С. С. Масловата, В. В. Мамчур), доктор філософії (Н. П. Шпак). У 2021 р. В. А. Вітенко, захистив докторську дисертацію зі спеціальності 06.03.01 – лісові культури та фітомеліорація (сільськогосподарські науки).

У 2013 р. за ініціативи професора В.П. Шлапака на кафедрі лісового господарства започатковано один раз на три роки проведення Міжнародної науково-практичної конференції «Анненківські читання», які присвячено вшануванню талановитого організатора, знаного ботаніка, фенолога, діяча лісового та сільського господарства Миколи Івановича Анненкова. Впродовж 2012-2022 рр. за ініціативи професора В.П. Шлапака на кафедрі лісового господарства проведено 18 Міжнародних та Всеукраїнських конференцій.

Професор В.П. Шлапак є автором і співавтором більше 370 друкованих праць, у т.ч. навчальних посібників, монографій, методичних посібників, брошур, чотирьох патентів на корисну модель, рекомендацій виробництву, які відомі як в Україні, так і за її межами. Праці вченого з лісових культур, лісівництва, ботаніки, філософських проблем еволюції органічного світу та явищ природи викликають інтерес, на них здійснюють численні посилання.

Автор має як одноосібні, так і в співавторстві оригінальні публікації з популяризації наукових досягнень професорів В.І. Білоуса, М.А. Кохна, З.С. Голов'янка, М.І. Гордієнка, Т.М. Черевченко, Г.І. Редька, П.І. Мороза, М.І. Суса, А.І. Гузія, М.І. Анненкова, М.О. Ткаченка, М.В. Третьякова; к.с.-г.н. З.М. Живицького, к.б.н. В.В. Мітіна, к.с.-г.н. В.Ф. Собченка, к.б.н. О.К. Мороз, к.с.-г.н. М.І. Бондаренка.

Професора В.П. Шлапака обирали членом спеціалізованих вчених рад у Національному аграрному університеті (1998-2003 рр.), Національному лісотехнічному університеті України (2006-2022 рр.), Українському ордена «Знак Пошани» науководослідному інституті лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г.М. Висоцького (2019 р.), Уманському національному університеті садівництва (2020-2022 рр.). У 1999 р. професора В.П. Шлапака обрано академіком Лісівничої академії наук України.

Важливою рисою професора В.П. Шлапака, як ученого, є тісний зв'язок його досліджень з практикою. Вченого добре знають у колективах державних підприємств лісового господарства, ботанічних садів і дендрологічних парків України.

Професор В.П. Шлапак – людина високої скромності, чесності, справедливості та чуйного ставлення до колег і студентської молоді. Він сміливо та успішно крокує тернистими стежками науки, його цінують друзі, учні, студенти – як мудру і доброзичливу людину великої душі та щирого серця.

Щиро вітаємо Вас, Володимире Петровичу, з ювілейною датою у Вашому житті. Бажаємо миру, міцного здоров'я, світлих перспектив, незгасаючої енергії, успіхів у Вашій шляхетній роботі, нових творчих здобутків, радості від життя!

Afforestation of Steppe pine forests of Ukraine for various purposes and its role in increasing the forestry and ecological potential of agrolandscapes (on the occasion of the 70th birthday of Academician of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Professor Volodymyr Shlapak)

H. Krynytskyi, I. Mostovyak, Iu. Debryniuk

July 9, 2022 marks the 70th birthday and 48 years of production, educational and scientific research activities of Volodymyr Petrovych Shlapak – Head of the Department of Forestry of the Uman National University of Landscape Gardening, Academician of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Doctor of Agricultural Sciences. Professor V.P. Shlapak is a well-known forester in Ukraine, who has devoted 25 years of his life to production activities and 23 years to the noble cause of training academic and teaching staff, highly qualified specialists for forestry and landscape gardening of Ukraine. The scientist was the first to conduct comprehensive studies in the steppe pine forests of Ukraine and the middle part of the Middle Dnieper region, the scientist has made summing up of more than the 150-year experience in forest regeneration. Today, the scientist's research activity is concentrated in the following areas: creation of artificial plantations and introduction of plants; landscape gardening; philosophical problems of the evolution of the organic world and natural phenomena. The scientist has established the patterns of changes in the types of old and modern garden-and-park landscapes of Cherkasy region. He has studied the species diversity of the stands, identified their floristic structure, proposed options for the formation of analogue phytocoenoses and landscape-planning approaches to the implementation of conservation, restoration and rehabilitation measures in green plantations.

**Школа лісової ентомології та захисту лісу
(до 70-річчя від дня народження академіка Лісівничої академії
наук України, керівника Східного відділення ЛАН України,
професора В. Л. Мешкової)**

В. П. Пастернак, І. М. Коваль



Мешкова Валентина Львівна – доктор сільськогосподарських наук, професор, академік Лісівничої академії наук України, керівник її Східного відділення, член Президії Українського ентомологічного товариства, член Ради Харківського відділення Українського ентомологічного товариства.

В Українському науково-дослідному інституті лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького (УкрНДДЛГА) працює з 1973 р. З 2004 р. за сумісництвом є професором кафедри зоології та ентомології Харківського національного аграрного університету ім. В. В. Докучаєва, тепер – Державного біотехнологічного університету. Наукові інтереси В. Л. Мешкової охоплюють питання динаміки популяцій комах-фітофагів, сезонного розвитку, поширення та шкідливості комах-хвоєгризів, ксилофагів, комах-фітофагів у незімкнутих культурах і молодняках, взаємної дії комах і збудників хвороб на санітарний стан лісів, технології захисту лісу, зокрема застосування вірусних препаратів в осередках непарного шовкопряда та соснових пильщиків, ентомофагів – в осередках короїдів, застосування інформаційних технологій у захисті лісу, оцінювання впливу зміни клімату та антропогенного навантаження на видовий склад, поширеність і розвиток комах-фітофагів.

Основний теоретичний здобуток В. Л. Мешкової – фенологічна теорія динаміки чисельності, схема прогнозування масових розмножень і відповідні методики. В. Л. Мешкова є автором майже 600 публікацій, зокрема семи монографій, двох посібників, наукових й науково-популярних статей, понад 20 галузевих нормативних документів. Під її керівництвом захистили дисертації 15 аспірантів і здобувачів. Вона є головою редколегії «Вістей Харківського ентомологічного товариства», заступником голови редколегії «Лісівництва і агролісомеліорації», членом редколегій «Українського ентомологічного журналу», *Folia Forestalia Polonica*, *Journal of Advanced Zoology* та *Acta Entomology and Zoology*.

Вступ. Важливість захисту лісу ні у кого не викликає сумнівів. Серед учених України, що присвятили майже півстоліття вивченню питань, пов'язаних із захистом лісу, значне місце посідає Валентина Львівна Мешкова, доктор сільськогосподарських наук, професор, академік Лісівничої академії наук України, керівник її Східного відді-

лення, член Президії Українського ентомологічного товариства, член Ради Харківського відділення Українського ентомологічного товариства, якій 7 жовтня 2022 року виповнилося 70 років.

Основні біографічні деталі та наукові здобутки ювілярки неодноразово описані в попередні роки (Buksha, 2012; Yevtushenko, 2012; Zlotin, 2009,

2018). У цій статті здійснено спробу зіставити різні аспекти життя і творчості В.Л. Мешкової, приділити увагу основним напрямам досліджень ученої та її учнів.

Для В.Л. Мешкової характерні широке коло інтересів і глибока ерудиція, висока працездатність, чуйність і безвідмовність, цікавість до нових знань і бажання навчатися, розвинене почуття гумору та оптимізм. В.Л. Мешкова народилася й виховувалася у родині професорів-медиків, з дитинства чула наукові розмови та бачила, як батьки пишуть статті, розкладають бібліографічні картки, допомагала їм і знайомилася з термінологією. Швидко друкувала на друкарській машинці як кирилицею, так і латиницею, що дало змогу у віці 40 років опанувати навички роботи на персональному комп'ютері. Завдяки любові до математики та алгоритмічному мисленню, вона навіть навчилася програмувати на популярному на той час *Pascal*, працювати з базами даних засобами *Foxbase* і будувати карти в *Mapinfo*.

У шкільні роки В.Л. Мешкова захоплювалася географією та метеорологією, утримувала вдома безхребетних і дрібних хребетних тварин, вчила англійську, перемагала в олімпіадах із хімії. Всупереч волі батьків, які хотіли, щоб вона стала медиком, вступила на біофак. Їй було цікаво все – вона досліджувала сезонні цикли безхребетних на практиці у Гайдарах, вивчала овогенез судака Печенізького водосховища, а коли поступила до аспірантури – приділила увагу вірусним хворобам лісових комах і вивченню можливостей їх використання у біологічному захисті рослин.

Одночасно з навчанням на біологічному факультеті, В.Л. Мешкова прослухала курси предметів із журналістики на факультеті суспільних професій університету, одержала відповідне свідоцтво та досвід роботи у виданні «Харківський університет», навчилася писати тексти залежно від призначення (замітки, нариси, аналітичні матеріали). Цей досвід дуже допоміг у подальшій науковій роботі, у написанні та редагуванні наукових і популярних статей.

На сьогодні В.Л. Мешкова є головою редколегії видання «Вісті Харківського ентомологічного товариства», заступником голови редколегії видання «Лісівництво і агролісомеліорація», членом редколегій «Українського ентомологічного журналу», *Folia Forestalia Polonica*, *Journal of Advanced Zoology* та *Acta Entomology and Zoology*. До того ж, учена рецензує статті з багатьох журналів, що стосуються питань ентомології, лісознавства та екології.

Отримані в шкільні та університетські роки знання, вміння їх упорядковувати та аналізувати дали змогу В.Л. Мешковій понад 20 років брати участь у роботі секції Лісознавства Харківського відділення Малої академії наук, останні декілька років – бути її Головою. Вчителі з різних шкіл області радяться стосовно тематики та методики виконання робіт. Щороку призери обласного конкурсу отри-

мують призові місця на Всеукраїнському і навіть Міжнародному конкурсах, деякі з них продовжують навчання за кордоном.

Шлях в УкрНДІЛГА. До Українського науково-дослідного інституту лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г.М. Висоцького (УкрНДІЛГА) В.Л. Мешкова прийшла ще студенткою 5-го курсу біологічного факультету Харківського державного університету ім. Горького (тепер – Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна) на посаду лаборанта (1973 р.). Після закінчення університету з відзнакою (1974 р.) за скеруванням декілька місяців працювала у школі м. Люботин Харківської обл., викладаючи біологію та хімію, а потім поступила до аспірантури в УкрНДІЛГА (1974-1977 рр.), захистивши у 1981 р. кандидатську дисертацію «Вплив вірусного препарату ВІРИН-ЕНШ на популяцію непарного шовкопряда в Нижньому Придніпров'ї» за спеціальністю «03.00.09 – ентомологія» (біол. науки). Обіймала посади молодшого наукового співробітника (1978-1984), старшого наукового співробітника (1984-1994), отримала звання старшого наукового співробітника (1987), провідного наукового співробітника лабораторії захисту лісу (1994-2004). У 2003 р. захистила докторську дисертацію «Екологічні основи прогнозування масових розмножень основних видів комах-хвоєлистогризів лісових насаджень України» за спеціальністю «16.00.10 – ентомологія» (с.-г. науки). Була першим заступником директора Інституту (2004-2010), завідувачем лабораторії захисту лісу (2010-2021), а після реорганізації з 2022 р. є головним науковим співробітником відділу ентомології, фітопатології та фізіології. З 2004 р. за сумісництвом працює професором кафедри зоології та ентомології (в окремі роки – професором кафедр лісівництва та садово-паркового господарства) Харківського національного аграрного університету ім. В.В. Докучаєва, а після реорганізації – професором кафедри зоології, ентомології, фітопатології, інтегрованого захисту та карантину рослин ім. Б.М. Литвинова Державного біотехнологічного університету. В 2011 р. отримала наукове звання професора кафедри зоології та ентомології.

Біометод. Під час роботи в УкрНДІЛГА В.Л. Мешкова була спочатку виконавцем тем, присвячених застосуванню бактеріальних і вірусних препаратів. У межах цих тем вона збирала матеріал для написання своєї кандидатської дисертації, брала участь у перших в Україні випробуваннях вірусного препарату ВІРИН-ЕНШ проти непарного шовкопряда у Херсонській, а пізніше – у Київській, Закарпатській та Одеській областях. На відміну від хімічних інсектицидів, вірусний препарат не викликає негайної загибелі гусениць. Лише через певний час, відповідно до тривалості інкубаційного періоду, залежно від віку гусениць і температури повітря, комахи хворіють, припиняють живлення та звисають з верхніх гілок у характерному положенні вниз головою. Тому хвороба має німецьку

назву «Wipfelkrankheit», тобто «верхівкова хвороба». Покриви гусениць рвуться, вміст тіла, наповнений поліедами, які містять інфекційні вірусні частки, витікає на листя нижніх ярусів. Інші гусениці, які живляться цим листям, інфікуються і через певний час гинуть. Саме В.Л. Мешкова довела, що вірусна епізоотія у популяції непарного шовкопряда розвивається в декілька етапів завдяки зараженню нових груп особин. Її науковий консультант Є.В. Орловська ще в 60-ті роки запропонувала застосовувати вірусний препарат наземно-осередковим методом, який полягав у намочуванні кладок яєць непарного шовкопряда до вилуплення гусениць вірусною суспензією за допомогою будь-якого ручного обприскувача або губки. При цьому зменшуються витрати препарату, можна обмежитися обробленням не більше 10% кладок у нижній частині крони. За такого внесення препарату гусениці інфікуються відразу після вилуплення, коли вони найуразливіші до інфекції, поїдаючи оболонки яєць. Потім вони заповзають у крону, живляться, поступово хворіють, гинуть, а вірусний матеріал з їхніх тіл потрапляє на листя й інфікує інших гусениць. У випадку обприскування насаджень цим препаратом у пізні терміни гусениці мають старший вік, інкубаційний період подовжується і перезараження відбувається менш ефективно. Також було доведено роль деяких ентомофагів у перенесенні вірусів в осередку непарного шовкопряда та тривалості збереження інфекції в деяких компонентах лісової екосистеми, що сприяло тривалому регулюванню чисельності непарного шовкопряда. Дійсно, осередки розвитку цієї комахи, в які вносили вірусний препарат у 70-ті рр. минулого століття, не відновлювалися ще понад 30 років.

У 1981-1985 рр. В.Л. Мешкова здійснила лабораторні дослідження для з'ясування оптимального поєднання хімічних інсектицидів із вірусним та бактеріальними препаратами. Критеріями оптимальності вважали ЛТ50 – середній час до загибелі 50% гусениць.

До біометоду В.Л. Мешкова ще неодноразово поверталася у науковій роботі. Так на ДСЛЮ «Укрлісозахист» (тепер – ДСЛП «Харківлісозахист») у 80-ті роки започатковано виробництво вірусних препаратів проти непарного шовкопряда (ВІРН-НШ), рудого (ВІРН-РСП) та звичайного соснових пильщиків (ВІРН-ЗСП). Під керівництвом В.Л. Мешкової аспірантка К.В. Давиденко розробила методику вирощування личинок, встановила оптимальні умови температури, освітлення, якості корму, щільності особин, за яких утворюється максимальна кількість вірусного матеріалу за мінімальних витрат коштів і часу. Було визначено, що застосування вірусів є найменш ефективним у рік інтенсивного росту чисельності шкідника. Якщо вірусний препарат застосовували у рік кульмінації масового розмноження шкідника, то його розвиток подовжувався на один рік, але пошкодження листя було меншим, ніж на контролі. Застосування вірусного препарату після кульмінації забезпе-

чувало згасання спалаху на два роки раніше, ніж на контролі.

Останні 10 років у соснових лісах України поширилися осередки всихання, в яких значну роль відіграють короїди. У 2018 р. на ДСЛП «Харківлісозахист» започатковано вирощування хижака – мурахожука звичайного *Thanasimus formicarius* (Linnaeus 1758) (Cleridae). Цьому сприяло передання в Україну Генеральним директором лісового господарства Туреччини лабораторного обладнання – контейнерів і термостатів для вирощування хижих комах, автоклавів для стерилізації поживного середовища, мікроскопів, біокулярів тощо. Вирощеного мурахожука випускали в осередки короїдів у Харківській, Сумській і Чернігівській областях. Вже у 2019 р. дві співробітниці підприємства (А.Д. Воробей та А.Р. Омеліч) поступили до аспірантури для розробки методичних питань, пов'язаних із виявленням ефективних ентомофагів короїдів у лісових екосистемах і можливостей їхнього розведення та застосування в біометоді. В ходах короїдів виявлено сім видів хижих жуків, причому найбільш поширені – мурахожук звичайний і *Platysoma elongatum* (Leach, 1817) (Histeridae), а найбільше співвідношення *хижак-жертва* визначено в нижній частині стовбурів дерев IV категорії санітарного стану. У варіантах випуску мурахожука згасання спалаху короїдів відбувалося швидше, ніж на контролі. При цьому випуск хижака разом із обробленням насаджень мінеральним добривом забезпечував вагоміше покращення стану насаджень і зменшення життєздатності популяції короїдів, ніж у варіанті випуску лише самого хижака.

Застосування інформаційних технологій у захисті лісу. У 1986-1992 рр. В.Л. Мешкова керувала темами, пов'язаними з розробкою інформаційно-пошукової системи для аналізу стану популяцій і прогнозування чисельності шкідників лісу. В ці роки перші комп'ютери лише починали з'являтися в УкрНДІЛГА, а на запрошення професійних програмістів не було коштів. Учена закінчила курси в Харківському університеті радіоелектроніки і з консультативною допомогою співробітників лабораторії нових інформаційних технологій розробила структуру баз даних та інтерфейс управління ними в середовищі Foxbase для рівнів лісгоспу, обласного управління та наукової установи. Окремі розробки було впроваджено, зокрема у ДП «Овруцьке ЛГ», але лісозахисні підприємства і тодішні працівники Міністерства лісового господарства зробили висновок про нецільність таких робіт. Коли через багато років змінилася думка стосовно комп'ютеризації галузі, складені В.Л. Мешковою програми вже не були сумісними з новим програмним забезпеченням.

З питань комп'ютеризації галузі та використання інформаційних технологій для вирішення дослідницьких і практичних завдань В.Л. Мешкова постійно співробітничала з виконавцями інших

тем з питань створення й аналізу баз даних моніторингу лісів, оцінювання наслідків зміни клімату (керівник – І. Ф. Букша, 1991-1995 рр.), всихання лісів (керівник – І. М. Усцький, 1996-1999 рр.), використання дистанційного зондування для оцінювання стану лісів (керівник – А. В. Полупан, 2000-2005 рр.). У 2017-2019 рр. разом зі здобувачем лабораторії нових інформаційних технологій О. І. Борисенком комплексно досліджувала особливості просторово-часової динаміки осередків «короїдного» всихання соснових насаджень та поширення пожеж. Встановлено, що приналежність певних ділянок насаджень для виникнення осередків комах-хвоєгризів, короїдів і пожеж (класи пожежної небезпеки) не є постійною. Ризик зазначених явищ залежить від типу лісорослинних умов, віку, складу повноти насадження та зміни категорій земель сусідніх виділів. Побудовані та реалізовані відповідні алгоритми знайшли своє відображення у монографічній роботі (Борисенко, Мешкова, 2021).

Комахи-хвоєлистогризи. Дані, які нагромаджено в базах інформаційно-пошукової системи «Лісозахист», були використані В. Л. Мешковою для аналізу просторово-часової динаміки осередків комах-хвоєлистогризів, що знайшло відображення у матеріалах докторської дисертації та двох монографіях (Meshkova, 2002, 2009). Учена здійснила комплексний аналіз (за 1826-1978 рр. – за історичними даними, за 1979-2000 рр. – за матеріалами статистичної звітності та власними спостереженнями у різних областях України) понад 150 спалахів масового розмноження десяти найпоширеніших у лісових насадженнях видів комах-хвоєлистогризів з урахуванням їхніх екології, сезонного розвитку, кліматичних умов у різних областях та лісорослинних умов ділянок насаджень. Розглянуто зв'язки між сонячними циклами, особливостями руху Землі за орбітою та періодичними явищами у неживій і живій природі. Було знайдено відповіді на важливі питання, необхідні для прогнозування розвитку комах-хвоєлистогризів, яким властива циклічна динаміка популяцій, зокрема: «Які види?», «Де?», «Коли?» й «Чому?» утворюють спалахи.

В. Л. Мешкова запропонувала класифікацію комах-хвоєлистогризів за типами сезонного розвитку, розрахувала суми ефективних температур і нижні пороги розвитку окремих стадій найпоширеніших видів. Це дало змогу прогнозувати дати появи уражливих стадій і вчасно здійснювати нагляд, облік і за необхідності заходи захисту лісу. Вже пізніше, зважаючи на збіг початку й завершення вегетаційного періоду, термінів розвитку листя та живлення окремих груп видів комах-хвоєлистогризів з датами стійкого переходу температури повітря через певні межі (зокрема 5 і 10°C) навесні та восени, було здійснено зіставлення відповідних дат з архівними показниками температури за 1892-2000 рр., 1981-2010 рр. та прогнозованими на 2021-2050 рр. (Shvidenko et al., 2017). Мо-

делювання термінів і темпів сезонного розвитку окремих видів (як хвоєлистогризів, так і ксилофагів) підтвердило припущення, що ці комахи зможуть пристосуватися до зміни клімату завдяки пришвидшенню індивідуального розвитку, розширенню асортименту кормових рослин, зміни місць розташування у період діпаузи та зимового спокою і зсуву меж ареалів. Життєздатність і шкідливість фітофагів залежатиме від їхньої синхронності з появою листя та ентомофагів. Водночас шкідливість цих комах зростатиме у міру збільшення кількості поколінь та уразливості кормових порід в умовах посушливості та антропогенного навантаження, але зменшуватиметься у зв'язку зі зменшенням розмірів комах та їхньої плодючості у разі швидкого розвитку (Meshkova, 2021c).

В. Л. Мешковою обґрунтовано фенологічну теорію, яка пояснює різноманіття у динаміці окремих популяцій різним співвідношенням дат початку розвитку кормових рослин, комах-хвоєлистогризів і ентомофагів навесні, що залежить від співвідношення темпів прогрівання повітря та ґрунту (Meshkova, 2009). Останнє визначається географічними координатами місцевості та лісорослинними умовами, що впливає, відповідно, на динаміку географічних та екологічних популяцій. Ученою вперше виконано районування території України за ймовірністю виникнення масових розмножень комах-хвоєлистогризів, яке пропонується використовувати під час розподілу кадрів і фінансування служби лісозахисту та коригувати з урахуванням зміни клімату і поширення лісів.

За даними обстеження насаджень у різних регіонах розроблено методику комплексного оцінювання приналежності ділянок для десяти видів комах-хвоєлистогризів з урахуванням складу, віку, повноти насаджень, типу лісорослинних умов. Складено схему та методику багаторічного (стратегічного), річного (тактичного) та сезонного (оперативного) прогнозування масових розмножень комах-хвоєлистогризів з урахуванням багаторічних даних стосовно їхньої динаміки. Основні методичні положення апробовані у різних природних зонах у подальших дослідженнях В. Л. Мешкової та її учнів, зокрема у Житомирській, Харківській і Херсонській областях. Прогнозуванню масових розмножень соснових пильщиків у Луганській області присвячені дисертація аспірантки М. С. Колєнкіної та монографічна робота (Meshkova, Kolyenkina, 2016).

Комахи в незімкнених культурах і молодняках. Багаторічні дослідження здобувача С. В. Назаренка виявили особливості динаміки видового складу комах у соснових насадженнях Нижньодніпров'я, які створені переважно у 60-ті роки минулого століття. Ним уточнено особливості біо-екології та фенології, удосконалено методи обліку чисельності окремих видів. Оцінено показники частоти, інтенсивності і тривалості спалахів, побудовано прогноз змін приналежності насаджень для

поширення осередків комах-хвоєгризів. Визначено видовий склад, шкідливість, закономірності поширення стовбурових комах на згарищах, утворених у різні сезони року.

Дослідження І.М. Соколової дали змогу обґрунтувати заходи захисту незімкнених соснових культур у придонецьких борах від стовбурових шкідників на основі вивчення їхніх біологічних особливостей, сезонного розвитку, поширення та шкідливості. Зокрема оцінено поширення та шкідливість стовбурових комах незімкнених культур сосни залежно від лісорослинних умов, обґрунтовано балову оцінку поширення та шкідливості цих комах, визначено загрозу для насаджень окремих лісогосподарських і лісомисливських підприємств регіону. Обґрунтовано терміни захисту незімкнених лісових культур від стовбурових шкідників (Meshkova, Sokolova, 2017).

Аспірант І.О. Бобров дослідив особливості сезонного розвитку, динаміки популяцій і шкідливості соснового підкорового клопа у чистих соснових і мішаних сосново-березових насадженнях Новгород-Сіверського Полісся, зокрема у комплексних осередках з іншими шкідливими комахами. Він запропонував балову оцінку поширення цього шкідника, що дає змогу визначити ділянки насаджень із високою загрозою виникнення осередків та їхню потенційну площу. Обґрунтовано заходи щодо профілактики поширення осередків соснового підкорового клопа та захисту від нього насаджень (Meshkova, Bobrov, 2018).

Стовбурові шкідники. З 2005 р. дослідження В.Л. Мешкової та її учнів присвячені стовбуровим шкідникам дуба (О.М. Кукіна), сосни (Ю.Є. Скрильник, О.В. Зінченко, А.І. Кочетова, С.В. Назаренко), берези (Я.В. Кошеляєва), ясена (Т.В. Кучерявенко). Уточнено видовий склад, особливості сезонного розвитку окремих видів, оцінено шкідливість з урахуванням впливу на санітарний стан і технічну якість деревини. Показано, що ті самі види комах можуть бути нешкідливими в одних регіонах і дуже шкідливими – в інших або в окремі роки (Meshkova, 2017; Skrylnik et al., 2019). Окремі матеріали стосуються стовбурових шкідників в'язів (Ю.Є. Скрильник, О.А. Кузнецова), тополь (К.Ю. Жупинська), ясенів (В.Л. Борисова, Т.В. Кучерявенко) тощо. Визначено причини поширення та оцінено наслідки спалахів короїдів минулого десятиліття (Meshkova, 2021).

Фауністичні дослідження проведено під час вивчення комплексу комах-хижаків короїдів у соснових насадженнях Чернігівської, Сумської та Харківської областей (аспірантки А.В. Воробей, А.Р. Омеліч), зокрема на ділянках додаткового внесення мурахожука. Встановлено особливості розподілу хижаків залежно від характеристик насадження, категорії стану дерев і частини стовбура (Meshkova et al., 2022b).

Також фауністичні дослідження здійснено у зонах із різними режимами господарювання НПП

«Гомільшанські ліси» разом із Ю.Є. Скрильником і науковцем парку М.П. Белявцевим з метою виявлення впливу рубок і рекреації на видовий склад і показники різноманіття комах-ксилобіонтів. Найбільшу кількість видів ксилофагів визначено на ділянках, де проводили суцільну та вибірково рубки, а найменшу – у заповідній зоні національного парку. Кластерний аналіз виявив найбільшу подібність комплексів ксилофагів на ділянках суцільної та вибіркової рубок, а також комплексів у зонах стаціонарної та регульованої рекреації, причому обидві пари ділянок відрізняються за цим показником від заповідної зони (Meshkova et al., 2022a).

Шкідники насіння. Дещо осторонь від основних завдань бюджетної тематики, але важливими є дослідження шкідників фундука та ліщини (Омар Аль-Бадарат, 2004), зокрема встановлення видового складу та біоекологічних особливостей найважливіших видів, виявлення залежності уразливості фундука та ліщини до пошкоджень ліщиновим довгоносом від спряженості їх сезонного розвитку, встановлення залежності пошкодження врожаю горіхів ліщиновим довгоносом від термінів розвитку плодів окремих сортів та визначення ефективності інсектицидів для захисту врожаю горіхів фундука.

Дослідження біотичних чинників пошкодження жолудів дуба під час їхнього розвитку, вплив на проростання і стан сходів (Діденко, 2018) співзвучні з дослідженнями шкідників фундука і є важливими під час оцінювання особливостей плодоношення дуба звичайного, формування його природного поновлення під наметом лісу й на зрубі та вдосконалення заходів щодо відтворення природних дубових лісів насінного походження.

Взаємодії комах-фітофагів та інших шкідливих організмів. Питання поширення комах-фітофагів неможливо розглядати окремо від стану дерев та інших чинників їхнього погіршення. Так В.Л. Мешкова брала участь у дослідженні хвороб сосни та ясена в міжнародних проектах COST Action FP1102 DIAROD – Determining Invasiveness And Risk Of Dothistroma (2012-2016); COST Action FP1103 FRAXBACK – *Fraxinus* dieback in Europe: elaborating guidelines and strategy for sustainable management (2012-2016). Завдяки можливості проведення лабораторних досліджень докторанткою К.В. Давиденко у Шведському аграрному університеті, ідентифіковано збудників халарового некрозу ясена в різних регіонах України, доведено можливість перенесення короїдами збудників хвороб сосни, голландської хвороби в'язів (Davaydenko et al., 2014, 2019). Описано розвиток вертицильозу кленів. Визначено особливості поширення нематод у деревах сосни різного санітарного стану. Доведено достовірну кореляцію пошкодження ясена халаровим некрозом, кореневими гнилями і заселенням ясеневими лубоїдами. Встановлено частоту трапляння та інтенсивність симптомів, характерних

для туберкульозу ясена (Борисова, 2021), бактеріальної водянки берези (Кошеляєва, 2021), приуроченість цих хвороб до певних лісорослинних умов і структури деревостану (Meshkova et al., 2019). Виявлено особливості поширення й розвитку омели білої в міському середовищі (Рибалка, 2021).

Запропоновано методичні підходи стосовно нагляду, обліку та прогнозування поширення шкідників і хвороб лісу, зокрема стосовно незімкнених культур, шкідників хвої та листя і ксилофагів (Methodical guidelines, 2020). Так, запропоновано бальове оцінювання впливу наслідків пошкодження хвої, бруньок і пагонів, стовбура й гілок, кореневої шийки та коренів сосни в незімкнених лісових культурах на відпад, інтенсивність росту та якість стовбурів (Meshkova, 2021a).

Загрозу пошкодження крон комахами-хвоєлистогризами зазвичай оцінюють за даними щодо фітомаси листя/хвої на дереві, кормової норми личинок та їхньої щільності. Водночас дерева гіршого санітарного стану мають меншу масу листя. Чим менша маса листя на дереві, тим менша щільність популяції шкідника загрожує її повним знищенням. Під час розрахунків В.Л. Мешкова та її учні використали показники фітомаси хвої сосни звичайної, сосни кримської та листя дуба звичайного з «Нормативів оцінки компонентів надземної фітомаси дерев головних лісотвірних порід України» (2014), які визначено науковцями Національного університету біоресурсів і природокористування України (НУБіП) під керівництвом П.І. Лакиди для модальних деревостанів цих порід у Поліссі, Лісостепу, Нижньодніпров'ї та Криму. Зважаючи на те, що маса хвої/листя на дереві зменшується в міру погіршення його санітарного стану, для визначення маси хвої/листя дерев II (ослаблені), III (сильно ослаблені) і IV (всихаючі) категорій стану пропонується множити масу хвої/листя дерев I категорії санітарного стану на 0,8; 0,4 і 0,16 від маси дерев I категорії санітарного стану відповідно під час оцінювання загрози пошкодження насаджень комахами-хвоєлистогризами.

Зміна видового складу шкідників. Чужорідні організми. Перелік шкідливих організмів у лісі останнім часом змінюється. Рідше трапляються комахи порівняно великого розміру (кільчастий шовкопряд, лунка срібляста, дубова чубатка), частіше – дрібні, з потаємним способом життя та сисні, які витримують техногенне навантаження і мінливість мікроклімату. Зміна клімату сприяє поширенню чужоземних видів комах і збудників хвороб, серед яких окремі виявляються у нових регіонах шкідливішими, ніж у межах природного ареалу (Meshkova, 2021b, 2022).

Вже на початку століття аспірантками В. Л. Мешкової у Придністер'ї (О.В. Антюхова, 2010) та в Харківській області (І.М. Мікуліна, 2012) виконані дослідження, присвячені вивченню адвентивних видів молей-мінерів, зокрема каштанової (*Cameraria ohridella* Deschka et Dimić, 1986), біло-

акацієвих (*Parectopa robiniella* Clemens, 1859 та *Macrosaccus robiniella* Clemens, 1859), липової (*Ph. issikii* Kumata, 1963). Оцінено поширеність, шкідливість, видовий склад ентомофагів, особливості сезонного розвитку, ефективність інсектицидів.

У 2020-ті роки перелік лісових комах-чужинців становить понад 20 видів. Збудників хвороб значно більше, але їх важче виявляти та ідентифікувати. Серед комах-чужинців – сосновий насінний клоп (*Leptoglossus occidentalis* Heidemann), який є небезпечним для лісовідновлення, оскільки його живлення у шишках під час їхнього розвитку негативно відображається на проростанні насіння. Дубовий мереживний клоп (*Corythucha arcuata* (Say, 1832) наразі виявлений лише в декількох південних і західному регіонах, але просувається на північ і може заподіяти значну шкоду дубовим лісам (Meshkova et al., 2020). Третій небезпечний чужоземний шкідник – ясенова смарагдова вузькотіла златка (*Agrilus planipennis* Fairmaire, 1888) поширилася в Луганській і частково – Харківській областях, заселяє *Fraxinus excelsior* та *F. pennsylvanica*, й може рухатися у західному напрямку лісовими смугами. Окремі аспекти біології, сезонного розвитку та поширення цього шкідника, взаємодії зі збудником халарового некрозу опубліковані аспіранткою Т.В. Кучерявенко, а також науковцями з УкрНДІЛГА та інших установ (Davypenko et al., 2022). Найбільшою помилкою є внесення цього шкідника до переліку карантинних організмів А1, тоді як він вже декілька років існував у лісах України і мав бути внесеним до списку А2 – регульованих організмів. За нинішньої ситуації, згідно з вимогами ЕРРО, у разі виявлення видів із списку А1 необхідно зрубати всі дерева породи, що заселяється, у радіусі 100 м від кожного виявленого заселеного дерева. Такий захід заподіє значної шкоди лісовим екосистемам, оскільки будуть зрубані також стійкі дерева, а поширення шкідника не зупинить, оскільки він активно літає, заселяє ясен у шляхових лісових смугах, а також може пересуватися пасивно на транспортних засобах.

У рекомендаціях, складених під керівництвом В.Л. Мешкової, описано методику виявлення інвазійних шкідливих організмів, зокрема комах та інших безхребетних тварин, збудників хвороб, збирання та зберігання зразків для аналізу, оцінювання впливу шкідливих організмів на стан насаджень.

Підсумки і плани. Наразі науковий здобуток В.Л. Мешкової нараховує майже 600 публікацій, серед яких сім монографій, два посібники, наукові та популярні статті, тези, нормативні документи тощо. У переліку посилань наведено лише основні праці, згадані у тексті, оскільки повний перелік перевищує 50 сторінок і розміщений на сайті УкрНДІЛГА: https://uriffm.org.ua/media/publications/Meshkova_Publication_sept2022.doc

Під керівництвом В.Л. Мешкової та за її участю розроблено понад 20 галузевих нормативних документів, зокрема «Методичні вказівки з державного випробування хімічних, мікробіологічних інсекти-

цидів і фунгіцидів у лісовому господарстві» (1996), «Методика оцінки ефективності виробничого застосування вірусних інсектицидів» (1997), «Інструкція із застосування аерозольної технології для захисту лісу від хвоелистогризучих шкідників з використанням генераторів регульованої дисперсності ГАРД-МН» (1997), «Рекомендації з ведення лісового господарства в умовах радіоактивного забруднення» (2008), «Настанови з ведення господарства в Нижньодніпровських лісах» (2008), «Рекомендації щодо комплексного захисту лісових культур від комах-шкідників коріння» (2008), «Рекомендації з обстеження соснових культур на заселеність шкідливими комахами» (2008), «Методичні рекомендації щодо обстеження осередків стовбурових шкідників лісу» (2011), «Нормативи кількісних показників впливу шкідливих комах на стан дерев сосни і дуба в деревостанах рівнинної частини та гірського Криму» (2014), «Рекомендації щодо визначення якісного та кількісного впливу шкідливих комах і збудників хвороб на стан лісових культур, створюваних на великих згарищах» (2014), «Тимчасові рекомендації щодо проведення першочергових заходів у соснових лісах, пошкоджених короїдами» (2017), «Методичні вказівки з нагляду, обліку та прогнозування поширення шкідників і хвороб лісу для рівнинної частини України» (2020), «Рекомендації щодо комплексного лісопатологічного обстеження насаджень для виявлення нових інвазійних шкідливих організмів та їхнього впливу на стан насаджень» (2019).

За свою плідну працю, сумлінне виконання обов'язків, особистий внесок у розвиток лісівничої науки В.Л. Мешкову неодноразово нагороджували, зокрема іменним годинником Державного комітету лісового господарства України (2002), нагрудним знаком «Відмінник лісового господарства України» (2007), подяками Голови Державного комітету лісового господарства (2010), Голови Державного агентства лісових ресурсів (2012, 2015), відзнакою Товариства лісівників України «Почесний лісівник України» (2018), Почесною грамотою відділення загальної біології Національної академії наук України (2009, 2020), Почесною грамотою Харківської міської ради (2020), відзнакою Національної академії наук України «За підготовку наукової зміни» (2022).

Колись один посадовець сказав: «Є підручник ентомології, що там можна ще вивчати?». Діяльність В.Л. Мешкової та її учнів спростовує цей вислів. Починаючи з 2020 р., вона керує фундаментальною темою «Виявити особливості формування комплексів шкідливих організмів (у тому числі адвентивних видів) в умовах зміни клімату та оцінити їхній взаємний вплив на санітарний стан і ріст насаджень». Серед завдань теми – визначення критеріїв оцінювання шкідливості організмів та їхніх асоціацій у лісах і критеріїв принадності насаджень для домінуючих шкідливих організмів, удосконалення системи захисту лісу з урахуванням змін складу шкідливих організмів, сучасних мето-

дів їхньої ідентифікації. Впровадження результатів, які будуть одержані, дасть змогу вчасно вжити необхідних заходів запобігання негативним наслідкам для лісових екосистем і лісового господарства.

Список літератури (References)

- Борисенко, О.І., Мешкова, В.Л. (2021). *Прогнозування поширення пожеж та осередків шкідливих комах у соснових лісах засобами ГІС*. Харків: Планета-Прінт, 150 с. [Borysenko, O. I., & Meshkova, V.L. *Prediction of fires and insect pest's foci spread in the pine stands by means of GIS*. Planeta-Print: Kharkiv]
- Букша, І. (2012). Мешкова Валентина Львівна: вчений, лісовий ентомолог, педагог і наставник (з нагоди 60-річчя від дня народження). *Наукові праці ЛАН України*, 10, 304-306 [Buksha, I. (2012). Valentina Lvivna Meshkova: scientist, forest entomologist, teacher and mentor (on the occasion of her 60th birthday). *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 10, 304-306]
- Євтушенко, М.Д. (2012). Мешкова Валентина Львівна (до 60-річчя від дня народження). *Вісник ХНАУ (Серія «Фітопатологія та Ентомологія»)*, 11, 165-166. [Yevtushenko, M.D. (2012). Valentina Lvivna Meshkova (on her 60th birthday). *The Bulletin of Kharkiv National Agrarian University. Series "Phytopathology and Entomology"*, 11, 165-166]
- Злотин, А.З. (2009). Предисловие рецензента к кн.: Мешкова В.Л. *Сезонное развитие хвоелистогрызущих насекомых*. Харьков: Новое слово [Zlotin, A.Z. Reviewer's Preface to Meshkova, V. L. (2009). *Seasonal development of foliage browsing insects*. Kharkiv: Novoye slovo. ISBN: 9789662046694]
- Злотин, А.З. (2018). Мешкова Валентина Львівна. *Енциклопедія Сучасної України*: [електронна версія]/ гол. редкол.: І.М. Дзюба, А.І. Жуковський, М.Г. Железняк та ін.; НАН України, НТШ. Київ: Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, URL: https://esu.com.ua/search_articles.php?id=64293 [Zlotin, A.Z. (2018). Valentyna Lvivna Meshkova. *Encyclopedia of Modern Ukraine*: electronic version [online] / head. editors: I.M. Dzyuba, A.I. Zhukovsky, M.G. Zheleznyak, et al.; National Academy of Sciences of Ukraine, Shevchenko Scientific Society. Kyiv: Institute of Encyclopedic Research of the National Academy of Sciences of Ukraine]
- Методичні вказівки з нагляду, обліку та прогнозування поширення шкідників і хвороб лісу для рівнинної частини України* (2020) / укладач В.Л. Мешкова. Харків: Планета-прінт. 90 с. [Methodical guidelines for a survey, assessment and forecasting of the spread of forest pests and diseases for the lowland part of Ukraine (2020) / V.L. Meshkova (Ed.), Kharkiv: Planeta-print]
- Мешкова, В.Л. (2009). *Сезонное развитие хвоелистогрызущих насекомых*. Харьков: Новое слово. 396 с. [Meshkova, V. L. (2009). *Seasonal development of foliage browsing insects*. Kharkiv: Novoye slovo]

- Мешкова, В. Л. (2002). *Історія і географія масових розмножень комах-хвоєлистогризів*. Харків: Майдан. 244 с. [Meshkova, V. L. (2002). *History and geography of foliage browsing insect outbreaks*. Kharkiv: Maydan]
- Мешкова, В. Л., Бобров, І. О. (2018). *Сосновий підкорювий клоп у насадженнях Новгород-Сіверського Полісся*: Харків: Планета-Прінт [Meshkova, V. L., & Bobrov, I. O. (2018). *Pine bark bug in the stands of Novgorod-Siverske Polissya*. Kharkiv: Planeta-Print]
- Мешкова, В. Л., Коленкіна, М. С. (2016). *Масові розмноження соснових пильщиків у насадженнях Луганської області*. Харків: Планета-Прінт. 180 с. [Meshkova, V. L., & Kolyenkina, M. S. (2016). *Mass propagation of pine sawflies in the stands of Luhansk Region*. Kharkiv: Planeta-Print]
- Мешкова, В. Л., Соколова, І. М. (2017). *Стовбурові шкідники незімкнених соснових культур у придонецьких борах*. Харків: Планета-Прінт. 160 с. [Meshkova, V. L., & Sokolova, I. M. (2017). *Stem pests of unclosed pine plantations in Siversky Donets river valley*. Kharkiv: Planeta-Print]
- Davydenko, K., Borysova, V., Shcherbak, O., Krysh-top, Y., & Meshkova, V. (2019). The situation and perspectives of European ash (*Fraxinus excelsior*) in Ukraine: focus on Eastern border. *Baltic Forestry*, 25(1), 193-202. <https://doi.org/10.46490/vol25iss2pp293>
- Davydenko, K., Skrylnik, Y., Borysenko, O., Menkis, A., Vysotska, N., Meshkova, V., ... Vasaitis, R. (2022). Invasion of Emerald ash borer *Agrilus planipennis* and ash dieback pathogen *Hymenoscyphus fraxineus* in Ukraine. A concerted action. *Forests*, 13, 789. <https://doi.org/10.3390/f13050789>
- Davydenko, K., Vasaitis, R., Meshkova, V., & Menkis, A. (2014). Fungi associated with the red-haired bark beetle, *Hylurgus ligniperda* (Coleoptera: Curculionidae) in the forest-steppe zone in eastern Ukraine. *European Journal of Entomology*, 111(4), 561-565. <https://doi.org/10.14411/eje.2014.070>
- Meshkova, V. (2017). Evaluation of injuriousness of stem insects in pine forest. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 27(8), 101-104. <https://doi.org/10.15421/40270816>
- Meshkova, V. (2021a). Assessment and prediction of biotic risks in the forests of Ukraine. *Bucovina Forestieră*, 21(1), 83-92. <https://doi.org/10.4316/bf.2021.007>
- Meshkova, V. (2021b). Foliage-browsing Lepidoptera (Insecta) in deciduous forests of Ukraine for the last 70 years. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 22, 173-179. <https://doi.org/10.15421/412115>
- Meshkova, V. (2021c). Proc and cons of Climate Change for Forest Phytophagous insects. *Proc. of the 1st Intern Electr Conf on Entomol*, 1-15 July 2021, MDPI: Basel, Switzerland. <https://doi.org/10.3390/IECE-10373>
- Meshkova, V. (2021). The Lessons of Scots Pine Forest Decline in Ukraine. *Envir. Sci Proc.*, 3(1), 28. <https://doi.org/10.3390/IECF2020-07990>
- Meshkova, V. (2022). Alien phytophagous insects in forest and urban stands of Ukraine. *Bucovina Forestieră*, 22(1), 29-40. <https://doi.org/10.4316/bf.2022.004>
- Meshkova, V., Borysova, V., Didenko, M., & Nazarenko, V. (2019). Incidence and severity of symptoms assigned to *Fraxinus excelsior* bacterial disease in the left-bank forest steppe of Ukraine. *Forestry ideas*, 25, 1(57), 171-181. Retrieved from https://forestry-ideas.info/issues/issues_Index.php?pageNum_rsIssue=2&totalRows_rsIssue=16&journalFilter=63
- Meshkova, V., Nazarenko, S., & Glod, O. (2020). The first data on the study of *Corythucha arcuata* (Say, 1832) (Heteroptera: Tingidae) in Kherson region of Ukraine. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 21, 30-38. <https://doi.org/10.15421/412023>
- Meshkova V., Skrylnik Yu., Bieliavtsev M., Zinchenko O., Borysenko O., & Markina T. (2022a). Xylophagous beetles (Coleoptera) in the zones of Gomilshanski lisy National Nature Park with different management regime. *Folia Forestalia Polonica, Series A – Forestry*, 64(2), 69-82. <https://doi.org/10.2478/ffp-2022-0007>
- Meshkova, V., Vorobei A., & Omelich A. (2022b). Coleopterous predators of pine bark beetles in the last years of the outbreak recorded in Ukraine. *Folia Forestalia Polonica, Series A – Forestry*, 64(3), 161-172. <https://doi.org/10.2478/ffp-2022-0016>
- 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>
- Skrylnik, Yu., Koshelyaeva, Y., & Meshkova, V. (2019). Harmfulness of xylophagous insects for silver birch (*Betula pendula* Roth.) in the left-bank forest-steppe of Ukraine. *Folia Forestalia Polonica, Series A – Forestry*, 61(3), 161-175. <https://doi.org/10.2478/ffp-2019-0016>

**School of Forest Entomology and
Forest Protection (for the 70th birthday
of Professor V. L. Meshkova, Full Member
of the Forestry Academy of Sciences
of Ukraine, The Head of the Eastern branch
of the Forestry Academy of Sciences
of Ukraine)**

V. Pasternak, I. Koval

The purpose of this paper is to highlight the main aspects of the research of Valentyna Meshkova, who turned 70 on October 7, 2022, and her scientific school. She is Dr. Habil., a professor, a full member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, the head of its Eastern branch, a member of the Presidium of the Ukrainian Entomological Society.

V. Meshkova graduated from Kharkov State university in 1974 and received diplomas of zoologist and journalist. She started her work at the Ukrainian Research Institute of Forestry & Forest Melioration in 1973. Her Ph.D. dissertation (1981) was devoted to the influence of viral preparation on the gypsy moth population, and Dr. Habil. These described the ecological base of outbreaks' prediction of foliage-browsing insects in the forests of Ukraine (2003). Since 2004, she has been working part-time as a professor of the department of zoology and entomology of the Kharkiv National Agrarian University named after V.V. Dokuchaev, after the reorganization – of the State Biotechnological University. In 2011, she received the title of professor of the Department of Zoology and Entomology.

V. Meshkova's scientific interests include the dynamics of phytophagous insect populations, seasonal development, spread and harmfulness of foliage-browsing insects, xylophages, phytophagous insects in unclosed plantations and young stands, the mutual influence of insects and pathogens on the health condition of forests, forest protection technologies, in particular, the use of viral preparations in the foci of gypsy moth and pine sawflies, entomophages in the foci of bark beetles, the use of information technologies in forest protection, assessment of the impact of climate change and anthropogenic load on the species composition, prevalence and development

of phytophagous insects, in particular aliens. The main theoretical achievement of V. Meshkova is phenological theory of population dynamics. It connects the differences in the frequency, duration and severity of outbreaks of forest insects with the type of their seasonal development and the features of the temperature course in individual regions and forest stands, which affect the dates and rates of soil thawing, the beginning of host trees' vegetation, the restoration of the activity of phytophages and entomophages, and their synchronicity. She developed a scheme of strategic, tactical and operational prediction of forest insect outbreaks and corresponding methods.

V. Meshkova is an author of almost 600 publications, including 7 monographs, 2 manuals, scientific and popular articles, abstracts, and more than 20 forest regulatory documents. Under her supervision, 15 post-graduate students defended their theses.

V. Meshkova is a Head of Editorial Board of “*The Kharkov Entomological Society Gazette*”, a Deputy Head of Editorial Board «Forestry & Forest Melioration», the member of Editorial Boards of “Ukrainian Entomological Journal”, “*Folia Forestalia Polonica*”, “*Journal of Advanced Zoology*” and “*Acta Entomology and Zoology*”, reviews the papers on a wide range of issues of entomology, forestry and ecology.

Key words: phytophagous insects; population dynamics; assessment; survey; prediction.

8. СТОРІНКИ ПАМ'ЯТІ

Комплексне ведення лісового господарства як основа підвищення продуктивності лісів (спомин до 100-річчя від дня народження видатного українського вченого та співака С. А. Генсірука)

Л. І. Копій, В. В. Лавний, І. П. Соловій



У 2023 р. українська та світова лісова наука відзначатиме 100-річчя від дня народження професора, доктора сільськогосподарських наук **Степана Антоновича Генсірука** – видатного вченого і талановитого співака. Будучи головою відділу Національної академії наук України, з надзвичайною самовідданістю та великими особистими зусиллями професор С. А. Генсірук піднявся на захист українських лісів, які були надмірно експлуатованими до середини 1960-х років. Він сприяв збереженню унікальних лісових екосистем, серед яких і букові праліси Українських Карпат, а також переходу лісгосподарських підприємств до багатофункціонального ведення лісового господарства.

С. А. Генсірук опублікував численні наукові статті та монографії. Його книги «Ліси України» та «Українська енциклопедія лісівництва» отримали високу оцінку фахівців в усьому світі. Вчений упродовж усього життя поєднував у собі найкращі риси видатного вченого зі світовим іменем і чудового українського співака, який пропагував вокальне мистецтво, зачаровував слухачів своїм лірико-драматичним тенором незвичайної краси та сили звучання. Народні пісні і чудові арії з класичних опер звучали з його вуст майже в усіх європейських країнах, де йому довелося побувати. С. А. Генсірук був лауреатом державної премії України в галузі науки і техніки за видання десяти фундаментальних монографій з проблем лісівництва та охорони природи. Він мав почесне звання Заслуженого діяча науки і техніки України та був академіком низки спеціалізованих академій України. Вчений був першим науковцем з країн колишнього радянського блоку, якого у 2000 р. було нагороджено Премією за наукові досягнення IUFRO та Золотою медаллю IUFRO.

Степан Генсірук прожив довге і змістовне життя, охороняючи ліси. Він зробив вагомий внесок у лісову науку, охороняв природу України та залишився в пам'яті рідних і колег доброзичливою людиною та професіоналом своєї справи.

Степан Антонович Генсірук – людина виняткового таланту, мужня, працелюбна, добра, релігійна та з невичерпною енергією, народився 6 січня 1923 р. у працюючій селянській родині в с. Буд-

ки на Тернопільщині. З десятирічного віку юнак був послушником (впродовж трьох років) у рідному селі у протоієрея Дмитрія Величковського, а пізніше – протягом трьох років співав у церков-

ному хорі. Після закінчення у 1937 р. Будківської початкової школи Степан Генсірук навчався у Почаївській українській семирічці та Кременецькій гімназії, згодом – у Кременецькій лісовій школі, яку закінчив у 1943 році. У цьому ж році він вступив на перший курс лісгосподарського факультету Львівської політехніки і став солістом студентського хору «Бандурист», яким керував професор Львівської консерваторії М. Ф. Колесса.

Степан, за свідченням фахівців, мав безумовно великий дар Божий до артистичного виконання вокальних творів. У його виконанні кожен твір мав свою оригінальну інтерпретацію. Чи то була народна пісня «Чорні брови, карії очі»; чи романси «Як почуєш вночі» (муз. Д. Січинського); «Цвіти ще трохи» (муз. Лопатинського) та багато інших. У 1945-1950 рр. він навчався у Львівській консерваторії у славетної Соломії Амвросіївни Крушельницької і одночасно завершував навчання на лісгосподарському факультеті Львівського сільськогосподарського інституту. У 1949 р. на Всесоюзному конкурсі вокалістів Степан Генсірук зайняв перше місце серед тенорів і отримав рекомендацію журі для поїздки в Італію на подальше навчання співу. Проте для безпартійного сина «українського куркуля» це навчання залишилось лише мрією. У 1949 р. С. А. Генсірук закінчив з відзнакою лісгосподарський факультет Львівського сільськогосподарського інституту, а в 1950 р. також з відзнакою – Львівську консерваторію.

У подальшому працював викладачем на кафедрі лісівництва Львівського лісотехнічного інституту. У 1955 р. успішно захистив у Тимирязівській сільськогосподарській академії кандидатську дисертацію. Згодом у 1966 р. у цій же академії захистив докторську дисертацію на тему «Ліси Українських Карпат та їх використання». Впродовж 1959-1986 рр. працював у Києві в Раді вивчення продуктивних сил України при Академії наук України на посаді старшого наукового співробітника, а з 1965 по 1986 р. – завідувачем відділу лісових ресурсів та охорони природи.

Все своє життя, як науковець, С. А. Генсірук провів у глибокому системному дослідженні природи лісів України у зональному аспекті, розробив наукові основи комплексного ведення лісового господарства в основних типах лісу. На основі ґрунтового вивчення природи карпатських лісів, їх росту, відновлення та використання С. А. Генсірук розробив наукові основи комплексного ведення лісового господарства в гірських умовах. За наукову розробку проблем боротьби зі стихійними лихами в Карпатах (вітровалів і паводків), а також захисту лісів від надмірного використання, його нагороджено (1956 і 1958 рр.) двома Великими срібними медалями ВДНГ СРСР. У 1968 р., завдяки науковим розробкам і наполегливим старанням науковця, зменшено обсяги надмірних рубок головного користування в Україні утричі (з 15 до 5 млн м³ деревини на рік). Це дало змогу зберегти ліси України від їхнього знищення тоталітарним режимом. У 1970 р.

учений написав і видав книгу «Комплексное лесное хозяйство в горных условиях», у 1973 р. – «Лісові ресурси України, їх охорона та використання», а в 1975 р. – «Леса Украины» (перше видання). Упродовж 20 років С. А. Генсірук зібрав значний експериментальний матеріал, на основі якого написав дві фундаментальні праці – «Комплексное лесохозяйственное районирование Украины и Молдавии» (1981) та «Охрана лесных экосистем» (1984).

У 1982-1986 рр. С. А. Генсірук очолював комплексні наукові експедиції провідних науковців Академії наук України і Білорусі з вивчення наслідків великомасштабних меліорацій у зоні Полісся та обґрунтував потребу повного їх припинення на сільськогосподарських землях і частково – в лісовому фонді. У грудні 1986 р. відомий науковець повертається до Львова, де плідно працює професором Львівського лісотехнічного інституту, читаючи курс лекцій з лісівництва та лісової історії студентам лісгосподарського факультету, очолює лабораторію екологічних проблем природокористування, де отримали успішний розвиток нові наукові напрями – лісове ресурсознавство, теоретичні основи лісгосподарського районування, основи гірського лісівництва, регіональні принципи охорони природи. Результати досліджень знайшли своє відображення у низці книг. Так, вченим видана монографія «Зелені скарби України» (1990), здійснено друге (1992) і третє (2002) перевидання фундаментальної праці «Ліси України». За цикл монографій з лісівничих проблем Президія академії наук України у 1976 р. присудила С. А. Генсіруку премію ім. О. Г. Шліхтера, а в 1996 р. – премію ім. В. І. Вернадського.

У 1991 р. професора С. А. Генсірука обрано дійсним членом чотирьох спеціалізованих академій – інженерної, екологічної, лісівничої і технологічної кібернетики. Водночас він був дійсним членом Наукового товариства ім. Шевченка. У 1993 р. ученому присвоєно почесне звання Заслуженого діяча науки і техніки України, а в 1998 р. він став Лауреатом державної премії України в галузі науки і техніки за видання десяти фундаментальних монографій з проблем лісівництва та охорони природи. У 1995 р. С. А. Генсірук удостоївся почесного звання «Заслужений працівник народної освіти України» та відзнаки «Відмінник лісового господарства України».

Професор С. А. Генсірук – фундатор, укладач, голова і головний редактор першої двотомної Української енциклопедії лісівництва (УЕЛ). Перший том УЕЛ вийшов у світ у 1999 р., а другий – у грудні 2007 року.

За вагомий внесок у розвиток вітчизняного і світового лісівництва та плідну науково-дослідну, викладацьку, громадську роботу Указом Президента України від 23 квітня 2008 р. професора С. А. Генсірука нагороджено орденом «За заслуги». У цьому ж році Президент Академії наук України академік Б. Є. Патон вручив науковцю срібну медаль за сприяння у розвитку академічної науки.

Науковий доробок Степана Антоновича Генсірука становить 840 наукових праць, серед яких 30 фундаментальних монографій. Під його керівництвом було захищено 28 кандидатських та п'ять докторських дисертацій.

Упродовж свого життя професор С. А. Генсірук поєднував найкращі риси видатного вченого зі світовим іменем і чудового українського співака, який пропагував вокальне мистецтво, зачаровував слухачів своїм лірико-драматичним тенором незвичайної краси і сили звучання. Народні пісні і чудові арії з класичних опер звучали з його вуст майже в усіх європейських країнах, де йому довелося побувати. Він пропагував українське вокальне мистецтво на всіх наукових еколого-лісівничих конференціях в Україні, Чехословаччині, Польщі, Австрії, Латвії, Естонії, Голландії та інших країнах світу.

Степан Генсірук був великим патріотом України і її чудової природи. Збереженню зелених скарбів України він віддав усі свої сили.

Чудовий тембр його голосу і тепер звучить у нашій пам'яті сильно і чисто, як і сама його душа. Йому було не байдуже все, що пов'язане з історією України. Йому судилося пройти важкі випробування, пережити розкуркулювання родини, німецьку окупацію, страхотливі тортури НКВС, вижити у складі штрафної роти в боях під Тернополем, з Божою допомогою зреалізувати багато творчих задумів, прислужитися охороні природи рідного краю і побачити на власні очі відродження Української держави, за яку віддали життя багато поколінь українців і його ровесників та друзів. Мрії видатного науковця, співака, громадянина і патріота нашої держави поступово та впевнено втілюють у життя його талановиті нащадки і вдячні учні.

**Multifunctional Forest Management
as a Basis for Increasing the Productivity
of Forests (commemoration of the 100th
birthday anniversary of the outstanding
Ukrainian scientist and singer
Stepan Gensiruk)**

L. Kopyi, V. Lavnyu, I. Soloviy

In 2023 Ukraine's and international forest science commemorates the 100th heavenly birthday of Professor, Dr Science (habil.) Stepan Gensiruk (Hensiruk) – an outstanding academic from whom many generations of forest scientists and foresters have learned a lot. Among the highlights in his biography is that being the Head of Department at the National Academy of Sciences of Ukraine, with an extraordinary dedi-

cation and great personal efforts, Prof. Gensiruk rose to the protection of Ukraine's forests, which remained over-exploited until the mid-1970s. He contributed to saving of unique forest ecosystems, including the primeval beech forests in the Carpathians, and to the reconsideration of existing then views on forest from being seen as a source of timber towards the recognition of forest's multiple benefits and functions. Stepan Gensiruk published numerous scientific articles and monographs. His books "Forests of Ukraine" and the "Ukrainian Encyclopedia of Forestry" have been highly appreciated by professionals from all over the world. The following issues were presented there for the first time:

- evolution of forests and forestry in Ukraine;
- typological characteristics of forests;
- theoretical background of the comprehensive forestry zoning as the basis for sustainable forest management;
- the mechanisms of reforestation and forest reproduction in beech, oak and spruce forests of the Carpathian Mountains;
- forest management systems to optimize forest use, and to maintain natural reproduction of main tree species and to grow highly productive and biologically resistant forest stands;
- principles of woodlands expansion across natural zones of Ukraine;
- theoretical approaches to assist in improving rural landscapes, with respect to their socio-economic, visual and ecological components;
- the delivery mechanisms on forest ecosystems sustainability and biodiversity preservation.

Throughout his life, Stepan Gensiruk combined the best features of an outstanding scientist with a world name and a wonderful Ukrainian singer, who promoted vocal art, enchanted listeners with his lyrical-dramatic tenor of unusual beauty and power of sound. Folk songs and wonderful arias from classical operas sounded from his lips in almost all European countries where he had an opportunity to visit.

Stepan Gensiruk was awarded by several scientific awards of Ukraine, in particular the highest one – the Ukraine's Award in Science and Technology. He was granted the National Honour of Ukraine and the Silver Medal of the Ukrainian National Academy of Sciences.

He was a full member of a number of specialised Academies and Laureate of a number of national and international awards. Stepan Gensiruk was the first scientist from the former Soviet bloc to be awarded in 2000 with the Scientific Achievements Award of the IUFRO, and an IUFRO Golden Medal. Stepan Gensiruk lived long and meaningful life, protecting forests, and he will be remembered for his splendid contribution to science, the high societal impact of his work, and for his humility and humanity.

Моделювання процесів руху лісових машин (спомин до 90-річчя від дня народження професора Б. В. Білика)

Ю. Ю. Туниця, М. Г. Адамовський, Н. І. Библюк, М. М. Борис,
О. А. Стиранівський, А. А. Бойко, Н. В. Шевченко



Богдан Васильович Білик – провідний український вчений з проблем моделювання процесів руху, оптимізації параметрів та проектування лісових машин, кандидат технічних наук, професор кафедри лісових машин і доріг Національного лісотехнічного університету України. Основні напрями його наукової діяльності – моделювання динамічних процесів у трансмісії та ходовій системі колісних лісових машин, створення програмно-комп'ютерного забезпечення для оптимізації параметрів і проектування лісових машин. Успішно працював над теоретичним обґрунтуванням структури та розробленням математичного забезпечення новітніх систем автоматизованого проектування колісних машин. Учасник понад 70 міжнародних, загальноукраїнських та університетських наукових конференцій. Науковий доробок професора Б. В. Білика складає понад 130 наукових праць у фахових вітчизняних і зарубіжних виданнях. Під його керівництвом захищено три кандидатські дисертації.

Богдан Васильович Білик народився 12 вересня 1931 році у м. Сокалі, в сім'ї вчителів. Навчався у Любліні (до 1939 р.), у Сокальській гімназії (до 1944 р.), а пізніше – у Сокальській середній школі, яку закінчив у 1948 році. Тоді ж поступив на лісоінженерний факультет Львівського лісотехнічного інституту (тепер – Національний лісотехнічний університет України) за спеціальністю «Лісоінженерна справа», який закінчив з відзнакою у 1953 р., здобувши кваліфікацію інженера-технолога. Був скерований на роботу у Львівський лісотехнічний інститут викладачем кафедри. З 1953 р. – асистент кафедри сухопутного і водного транспорту лісу, впродовж 1960-1963 рр. – аспірант цієї ж кафедри (науковий керівник – професор Б. Г. Гастев). В період 1963-1967 рр. – старший викладач кафедри.

У 1965 р. Б. В. Білик захистив кандидатську дисертацію на тему «Дослідження режимів роботи лісовозних автомобілів у гірських умовах Карпат» і здобув наукову ступінь кандидата технічних наук за спеціальністю 05.06.02 – Машини і механізми

лісорозробок, лісозаготівлі, лісового господарства і деревообробних виробництв.

З 1967 р. Б. В. Білик – доцент кафедри сухопутного і водного транспорту лісу (пізніше – механізації лісорозробок і транспорту лісу), а з 1992 р. – професор кафедри лісових машин і доріг (пізніше – лісових машин і гідравліки, тепер – лісових машин). Вчене звання доцента кафедри транспорту лісу Львівського лісотехнічного інституту йому присвоєно 24 вересня 1968 року.

Професор Б. В. Білик на високому науково-методичному рівні проводив усі види занять з цілого циклу професійно-орієнтованих дисциплін «Тягові машини». Вченим розроблено програмне і методичне забезпечення нових курсів «Проектування лісових машин» (1966), «Основи наукових досліджень» (1974), впроваджено у навчальний процес дисципліну «Теорія та проектування самохідних лісових машин» (1994), видано конспекти лекцій і низку методичних розробок з цих дисциплін. Професора Б. В. Білика неодноразово визнавали кращим лектором університету.

Вагомим внеском у забезпечення навчально-го процесу лісоінженерів є видання професором Б. В. Біликом одноосібно та у співавторстві з професором М. Г. Адамовським навчальних посібників: «Проектування самохідних лісових машин» (1998), «Теорія самохідних лісових машин» (1998), «Проектування самохідних лісових машин: вибір параметрів, компоновання і тяговий розрахунок» (2005).

Працюючи впродовж 1993-2002 рр. на посаді декана лісомеханічного факультету, Б. В. Білик очолював робочу групу з розроблення галузевих стандартів вищої освіти України, за якими здійснювалася підготовка фахівців на лісомеханічному факультеті (тепер – Навчально-науковий інститут інженерної механіки, автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій).

Професор Б. В. Білик був одним із перших викладачів університету, хто освоїв та впроваджував у наукову діяльність і навчальний процес обчислювальну техніку та інформаційні технології. Він активно надавав допомогу молодим науковцям і викладачам кафедри та університету в освоєнні програмування і сучасного комп'ютерного забезпечення. У 80-х роках успішно працював над теоретичним обґрунтуванням структури та розробленням математичного забезпечення новітніх систем автоматизованого проектування колісних машин і керував науково-дослідними темами на замовлення ГСКТБ ВО «Львівхімсільгоспмаш» та ВКЕІ «Автоспром».

Він досягнув значних успіхів в організації студентської науково-дослідної роботи, будучи тривалий час науковим керівником Студентського наукового товариства університету. Виконані під його керівництвом студентські наукові роботи неодноразово були відзначені медалями та дипломами на конкурсах високого рівня.

Професор Б. В. Білик був відомим ученим у галузі динаміки лісотранспортних машин. Ним опубліковано понад 130 наукових статей, зроблено понад 70 доповідей на науково-технічних конференціях університету, загальноукраїнських і міжнародних конференціях.

Під керівництвом професора Б. В. Білика захищено кандидатські дисертації В. Г. Данчуком на тему «Дослідження навантажувальних режимів підвіски лісовозних автопотягів на базі тривісних автомобілів підвищеної прохідності» (1973); Б. Т. Перетятком на тему «Оптимізація та аналіз підвіски лісового колісного трактора» (1994); Н. В. Шевченко на тему «Обґрунтування головних параметрів лісовозних автопотягів за техніко-експлуатаційними критеріями» (2012). Його напрацювання дотепер використовують молоді науковці кафедри.

Професор Б. В. Білик активно здійснював громадську діяльність під час демократичних перетворень у державі та в університеті. У 1992 р. він був одним із засновників і головою проводу Асоціації викладачів і співробітників Львівського лісо-

технічного інституту. Брав активну участь в організації роботи Національної спілки педагогічних і наукових працівників Львівщини як член ради. Богдан Білик був активним членом Наукового товариства імені Шевченка, Всеукраїнського товариства «Просвіта» імені Тараса Шевченка і Педагогічного товариства імені Григорія Вашенка.

У листопаді 1993 р. професора Б. В. Білика було обрано членом-кореспондентом Лісівничої академії наук України. У 1995 р. його нагороджено знаком «Відмінник освіти України». За вагомий особистий внесок у підготовку висококваліфікованих фахівців, плідну наукову і педагогічну діяльність Указом Президента України у 1999 р. йому присвоєно почесне звання «Заслужений працівник народної освіти України».

28 грудня 2014 р. важка хвороба зупинила життя Богдана Васильовича – щирого Українця, Науковця і Педагога. Світла пам'ять про нього назавжди збережеться в серцях його учнів і колег.

З нагоди 90-річчя від Дня народження професора Б. В. Білика на кафедрі лісових машин проведено тиждень пам'яті вченого, в рамках якого презентували науково-методичний доробок цієї непересічної, доброзичливої, працелюбною і талановитою людини з добрим серцем і світлим розумом.

**Modeling the processes of motion
of forestry machines (commemoration
of the 90th anniversary birth of
a corresponding member of the Forestry
Academy of Sciences of Ukraine
Professor Bohdan Bilyk (1931-2014))**

Yu. Tunytsya, M. Adamovskyy, N. Byblyuk, M. Borys,
O. Styranivkyi, A. Bojko, N. Shevchenko

Bohdan Bilyk is a leading Ukrainian scientist who researched the problems of modeling motion processes, optimizing the parameters and design of forestry machines, PhD in technical sciences, and a professor at the Department of Forestry Machinery and Forest Roads at Ukrainian National Forestry University. The main lines of his scientific activity are the modeling of dynamic processes in the transmission and running system of wheeled forestry machines, the development of computer software for optimizing parameters and designing forestry machines. He successfully worked on the theoretical substantiation of the structure and the development of mathematical support for the latest computer-aided design systems for wheeled machines. Participant of more than 70 international, all-Ukrainian, and university scientific conferences. The scientific legacy of Professor Bilyk compiles more than 130 scientific works in specialized domestic and foreign publications. Three Ph.D theses were defended under his supervision.

Пам'яті академіка Лісівничої академії наук України Нестора Івановича Библюка (16.06.1935 – 21.09.2022)

М. М. Борис, О. А. Стиранівський, О. С. Мачуга, М. І. Герис, А. А. Бойко,
Н. В. Шевченко, М. М. Бойко, А. Л. Щупак, М. І. Олійник



*21 вересня 2022 року на 88-му році життя відійшов у вічність відомий український вчений у галузі динаміки лісових машин та екологічних технологій лісотранспорту, дійсний член Лісівничої академії наук України та Наукового товариства імені Шевченка, відмінник освіти України, доктор технічних наук, професор, багаторічний завідувач кафедри лісових машин, невтомний громадський діяч **Библюк Нестор Іванович**. Науковий доробок вченого – понад 180 статей у наукових і популярних виданнях, понад 110 доповідей на наукових конференціях, з них понад 40 – в іноземних, а також монографії, посібники і підручники. За багатогранну діяльність професора Нестора Библюка відзначено почесними грамотами Міністерства освіти і науки України, Державного комітету лісового господарства України, Кабінету Міністрів України, почесними грамотами Всеукраїнського об'єднання товариств Гуцульщини, Львівського суспільно-культурного гуцульського товариства.*

Нестор Іванович Библюк народився 16 червня 1935 року в мальовничому куточку Карпатського передгір'я – м. Косові на Івано-Франківщині. Через усе своє життя він проніс любов до лісу, Карпатського краю і рідної Гуцульщини.

Доля розпорядилася так, що майже усе свідоме життя Нестора Библюка було нерозривно пов'язане з лісовою галуззю та Національним лісотехнічним університетом України, де він за свою людяність, працьовитість, скромність здобув визнання та повагу серед колег і студентів.

У 1952 р. вступив на лісоінженерний факультет тоді ще Львівського лісотехнічного інституту, який закінчив у 1957 році. Впродовж 1957-1961 рр. працював на посадах майстра лісозаготівлі, інженера нормативно-дослідної групи, старшого інженера відділу праці та зарплати Мінлісгосплісдеревпрому Станіславського раднаргоспу. Після закінчення аспірантури у 1964 р. працював асистентом, старшим викладачем та доцентом кафедри сухопутного і водного транспорту лісу Львівського лісотехнічного інституту.

У 1968 р. Нестор Библюк захистив кандидатську дисертацію, а в 1993 р. він перший в Україні

захистив докторську дисертацію з проблеми моделювання процесів руху лісотранспортних машин. Упродовж 1994-2015 рр. був завідувачем кафедри лісових машин і доріг. Основні напрями наукової діяльності – динаміка лісових машин, екологічні технології лісозаготівлі, історія лісового транспорту.

Професор Нестор Библюк був учасником 33-ох міжнародних конференцій з проблем лісового комплексу (1976-2004 рр.) та 15-ти конференцій з проблем Гуцульщини (1993-2004 рр.). Ним опубліковано три монографії, підручник, п'ять навчальних посібників, 27 наукових рефератів і конспектів лекцій, понад 180 статей у наукових і науково-популярних виданнях, підготовлено понад 110 доповідей на наукових конференціях, з них понад 40 – в іноземних.

Ще у 70-ті роки ХХ ст. учений налагодив тісну міжнародну співпрацю із спорідненими кафедрами університетів лісового профілю країн Європи: з Брно і Праги (Чеська Республіка), зі Зволена (Словаччина), з Кракова (Польща), з Любляни (Словенія) та іншими. З 1991 р. розгорнув пошукові дослідження з екологічних проблем лісотранспорту в Карпатах і розроблення нових підходів до створення

ня екологічно безпечних технологій та технічного забезпечення лісозаготівельних робіт, що започаткувало створення нового наукового напрямку – екологічні технології лісозаготівлі.

У зв'язку з переходом вищої освіти України на багаторівневу підготовку фахівців, професор Нестор Библюк впровадив у навчальний процес спеціальності «Лісоінженерна справа» дисципліну «Лісотransпортні засоби» і спеціальності «Обладнання лісового комплексу» – дисципліни «Теорія лісотransпортних засобів» та «Конструкція і розрахунок лісотransпортних засобів».

У рамках відзначення 125-ти та 130-річчя університету ініціював проведення міжнародних наукових конференцій «Лісотransпорт у Карпатах: традиції, реалії й перспективи розвитку» (1998 р.) та «Лісова інженерія: техніка, технологія і довкілля» під егідою JUFRO у 2004 р., що стало підсумком наукової діяльності очолюваної ним кафедри за останній період.

Професор Нестор Библюк брав активну участь у науковій та громадській роботі. Впродовж 1997-2004 рр. – голова, а з 2004 р. – член спеціалізованої вченої ради із захисту кандидатських і докторських дисертацій за спеціальністю «Машини і процеси лісівничого комплексу», член вченої і науково-технічної рад університету, член редакційних колегій збірників наукових праць УкрДЛТУ та Технічного університету у Зволени. Голова Регіонального об'єднання дослідників Гуцульщини (з 1995 р.), комісії екологічних технологій Наукового товариства імені Шевченка (з 1995 р.), Львівської міської організації «Українське термінологічне товариство» (з 2000 р.), академік Лісівничої академії наук України з 1993 року.

У 1994 р. Нестор Іванович очолив творчий колектив з підготовки і видання 4, 5 і 6-го томів «Історії Гуцульщини» як продовження циклу, що його започаткував у 50-х роках у Чикаго (США) колектив авторів під керівництвом д-ра Миколи Домашевського й лікаря Василя Стефурака з Косівщини.

Професор Нестор Библюк став ініціатором утворення Косівського осередку НТШ у 2004 р., очолив координаційну раду осередку і редакційну колегію праць осередку «Красзнавство». Здійснював добір і формування статей до I, II і III томів праць Косівського осередку комісії екотехнологій НТШ.

Формування у 1991-1994 рр. осередку художньої самодіяльності товариства «Гуцульщина» у Львові стало вагомою віхою у біографії Нестора Библюка. Він створив хоровий, танцювальний, декламаторський і драматичний гуртки, писав сценарії для низки постановок, які успішно реалізувались

під егідою народного дому УкрДЛТУ. Організував виступи колективу на Гуцульських фестивалях у Вижниці (1992), Верховині (1993) та Путилі (1994) і, як учасник, став лауреатом цих фестивалів у жанрі декламації.

За багатогранну діяльність професора Нестора Библюка відзначено почесними грамотами Міністерства освіти і науки України (1999, 2004), Державного комітету лісового господарства України, Кабінету Міністрів України, пам'ятною медаллю Технічного університету у Зволени (Словаччина, 2005), знаком «Відмінник освіти України» (1995), почесними грамотами Всеукраїнського об'єднання товариств Гуцульщини, Львівського суспільно-культурного гуцульського товариства (2001) та іншими. Він був Почесним громадянином м. Косова (2005).

Поховано Нестора Библюка на Личаківському цвинтарі м. Львова.

**In memory of an academician
of the Forestry Academy of Sciences
of Ukraine Nestor Ivanovich Byblyuk
(16.06.1935 – 21.09.2022)**

M. Borys, O. Styranivskyy, O. Machuga,
M. Herys, A. Boyko, N. Shevchenko,
M. Boyko, A. Shchupak, M. Oliynyk

On September 21, 2022, at the age of 88, pass away a well-known Ukrainian scientist in the field of the forest machines dynamics and timber transport ecological technologies, a valid member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine and the Shevchenko Scientific Society, an excellent teacher of education of Ukraine, a Doctor of Engineering Sciences, Professor, long-term head of the forest machinery department, tireless public figure Nestor Ivanovich Byblyuk. The scientist's scientific work includes more than 180 articles in scientific and popular publications, more than 110 reports at scientific conferences, more than 40 of them at foreign ones, as well as monographs, manuals and textbooks. For his multifaceted activity, Professor Nestor Byblyuk was awarded certificates of honor from the Ministry of Education and Science of Ukraine, the State Forestry Committee of Ukraine, the Cabinet of Ministers of Ukraine, certificates of honor from the All-Ukrainian Association of Societies of the Hutsul Region, and the Lviv Social and Cultural Hutsul Society.

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, ресурсощадних та екологобезпечних технологій деревообробки, машин і механізмів лісгосподарського 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 вмещати не менше 15 літературних джерел. Бажано наводити посилання на джерела, опубліковані після 2010 року, особливо ті, які мають індекс *doi*. Самоцитування – не більше 15% (два-три джерела). Під час формування списку літературних джерел необхідно користуватись вимогами APA 6th Edition.

У «Списку літератури» необхідно наводити лінк, за яким джерело доступне в мережі Інтернет, або індекс *doi*. За можливістю варто уникати посилань на літературні джерела, які відсутні в інтернет-ресурсах.

Транслітерація літературних джерел в статтях не допускається. Список бібліографічних посилань повинен бути наведений 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 англійськомовну 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 англійськомовних 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 формулюють чітко, лаконічно і зрозуміло, вони повинні виходити із результатів проведених досліджень. У висновках зазначають ступінь досягнення поставленої мети роботи за допомогою використаних методів і методики досліджень. Вдало сформульовані висновки логічно закінчують наукову роботу, роблять її цілісною і завершеною.

Висновки повинні бути 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 24

2022 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 29.12.2022 р. Формат 60×84/8. Папір офсетний.

Друк офсетний. Гарнітура Times New Roman.

Ум. друк. арк. 24,41. Обл.-вид. арк. 21,65

Наклад 300 прим. Зам. № 2967

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