

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

---

# **НАУКОВІ ПРАЦІ**

## **ЛІСІВНИЧОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ**

**Випуск 23**

Започатковано у 2001 р.

Львів  
Видавництво «Компанія “Манускрипт”»  
2021

**Наукові праці Лісівничої академії наук України:** збірник наукових праць. – Львів: Видавництво «Компанія “Манускрипт”», 2021. – Вип. 23. – 172 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 № 12 від 29.12.2021 р.).

---

**Редакційна колегія:**

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

Науковий редактор: *Юрій ДЕБРИНЮК*

Літературний редактор: *Анна ПАВЛИШИН*

Редактор англійських 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) 235-30-12; 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 23**

Founded in 2001

Lviv  
«Company “Manuscript”»  
2021

**Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine:** Collection of Research Papers. – Lviv : «Company “Manuscript”», 2021. – Vol. 23. – 172 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 12 dated from 2021.12.29*).

---

#### **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 Mykola Guz,</i>	<i>Dr. Sc. (Agr.), Ukrainian National Forestry University, Lviv;</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. &amp; 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) 235-30-12; E-mail: [debrynyuk@gmail.com](mailto:debrynyuk@gmail.com); <http://fasu.nltu.edu.ua/index.php/nplanu>

## ЗМІСТ

### 1. БІОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ РОСЛИННИХ УГРУПОВАНЬ

*K. Davydenko*

- NEW INSIGHTS INTO THE ROLE OF PHYTOPATHOGENIC FUNGI VECTORED BY PINE BARK BEETLES IN PINE DECLINE** (Нове розуміння ролі фітопатогенних грибів, які переносяться сосновими короїдами, у всиханні соснових лісів)..... 9

*I. M. Кульбанська*

- СИМПТОМИ, ПОШИРЕННЯ ТА ШКОДОЧИННІСТЬ ТУБЕРКУЛЬОЗУ *FRAXINUS EXCELSIOR* L. (ЗБУДНИК – *PSEUDOMONAS SYRINGAE* PV. *SAVASTANOI* (SMITH 1908) YOUNG ET AL.)** ..... 17

*П. П. Пліхтяк, А. Возняк, М. І. Сорока, А. П. Ониськів*

- РЕЛІКТОВА ЦЕНОПОПУЛЯЦІЯ *ULMUS GLABRA* HUDS. У ПОКУТСЬКИХ КАРПАТАХ**..... 29

### 2. ЛІСОЗНАВСТВО, ЛІСІВНИЦТВО ТА МИСЛИВСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО

*V. Meshkova, Y. Koshelyaeva, M. Kolienkina, I. Shvydenko*

- PREDICTION OF CHANGES IN THE HEALTH CONDITION OF SILVER BIRCH (*BETULA PENDULA* ROTH.)** (Прогнозування зміни санітарного стану берези повислої (*Betula pendula* Roth.)) ..... 42

*Г. Т. Криницький, І. М. Скольський, О. Г. Криницька, Н. Г. Луців, В. Й. Яхницький*

- БІОТИЧНА СТІЙКІСТЬ *PINUS SYLVESTRIS* L. У СУГРУДОВИХ ЛІСОСТАНАХ ЛЬВІВСЬКОГО РОЗТОЧЧЯ** ..... 50

*В. В. Лавний, Р. Р. Вицега, Р. М. Кравчук, П. Шпатгельф*

- НАУКОВІ ЗАСАДИ СТВОРЕННЯ НАВЧАЛЬНО-ВИРОБНИЧОГО СТАЦІОНАРУ «БОРЩОВИЧІ»**..... 58

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

*Г. О. Бойко, Н. В. Пузріна, А. О. Бондар, В. М. Гриб*

- ВПЛИВ МІКРОБНИХ АГЕНТІВ ТА БІОПРЕПАРАТІВ НА ЇХ ОСНОВІ НА БІОМЕТРИЧНІ ПОКАЗНИКИ СІЯНЦІВ *PINUS SYLVESTRIS* L.**..... 68

*Ю. М. Дебринюк, Ю. С. Миклуш*

- ВПЛИВ *BETULA PENDULA* ROTH. НА ТАКСАЦІЙНІ ПОКАЗНИКИ *PINUS SYLVESTRIS* L. У ЛІСОВИХ КУЛЬТУРАХ СВІЖОГО БОРУ ЗАХІДНОГО ПОЛІССЯ**..... 79

*Н. О. Олексійченко, Н. В. Гатальська, М. С. Коленкіна*

- РОЛЬ СОЦІОКУЛЬТУРНОГО АСПЕКТУ У ФОРМУВАННІ ПАРКОВОГО СЕРЕДОВИЩА**..... 91

#### 4. ЛІСОВА ТАКСАЦІЯ ТА ЛІСОВПОРЯДКУВАННЯ

<i>Г. Г. Гриник, А. І. Задорожний, О. М. Гриник</i> <b>СТОВБУРОВА БІОПРОДУКТИВНІСТЬ БУКОВИХ ДЕРЕВОСТАНІВ ПОЛОНІНСЬКОГО ХРЕБТА УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ</b> .....	98
<i>В. П. Пастернак, О. Б. Приходько, О. А. Гірс</i> <b>СТРУКТУРА СОСНОВИХ ДЕРЕВОСТАНІВ ПРИДОНЕЦЬКОГО СТЕПУ УКРАЇНИ</b> .....	110

#### 5. ЕКОЛОГІЯ, ЕКОНОМІКА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ ТА МЕНЕДЖМЕНТ

<i>І. А. Дубовіч, О. М. Адамовський, Х. Р. Васишин, О. Р. Перхач, Ю. І. Волковська, Н.-М. Петрецькі</i> <b>ЕКОЛОГІЧНА ЕКОНОМІКА: ІНСТРУМЕНТ РЕАЛІЗАЦІЇ КОНЦЕПЦІЇ СТАЛОГО РОЗВИТКУ</b> .....	117
<i>Г. В. Стрямець, Т. Р. Прикладівська, В. О. Гребельна, О. С. Скобало, Н. М. Ференц</i> <b>ОЦІНКА КЛІМАТИЧНИХ ТЕНДЕНЦІЙ В УКРАЇНСЬКОМУ РОЗТОЧЧІ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ДИНАМІКИ ПЛЮВІОТЕРМІЧНИХ УМОВ</b> .....	130

#### 6. ДЕРЕВООБРОБНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ЛІСОВА ІНЖЕНЕРІЯ

<i>С. В. Гайда, О. А. Кійко</i> <b>ВЛАСТИВОСТІ ВЖИВАНОЇ ДЕРЕВИНИ ЯК ВАЖЛИВИЙ ЧИННИК ЯКОСТІ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ</b> .....	152
---	-----

#### 7. СТОРІНКИ ПАМ'ЯТІ

<i>М. І. Сорока, А. Д. Шовган, Г. Т. Криницький, С. І. Миклуш, Ю. М. Дебринюк</i> <b>БІОЛОГІЧНА НАУКА – ІНСТРУМЕНТ ДО ПІЗНАННЯ ЗАКОНІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЛІСОВИХ ЕКОСИСТЕМ</b> (Сторінки пам'яті на пошану професора, доктора біологічних наук Василя Григоровича Коліщука – до 95-річчя з дня народження).....	163
<b>ДО УВАГИ АВТОРІВ</b> .....	170

## CONTENTS

### 1. BIOLOGICAL ASPECTS OF PLANT COMMUNITIES

- K. Davydenko*  
**NEW INSIGHTS INTO THE ROLE OF PHYTOPATHOGENIC FUNGI VECTORED BY PINE BARK BEETLES IN PINE DECLINE** ..... 9
- I. Kulbanska*  
**SYMPTOMS, PREVALENCE AND HARMFULNESS OF *FRAXINUS EXCELSIOR* L. TUBERCULOSIS (PATHOGEN – *PSEUDOMONAS SYRINGAE* PV. *SAVASTANOI* (SMITH 1908) YOUNG ET AL.)** ..... 17
- P. Plichtyak, A. Woźniak, M. Soroka, A. Oniskiv*  
**THE RELICT POPULATION *ULMUS GLABRA* HUDS. IN POKUTTYA CARPATHIAN MOUNTAINS** ..... 29

### 2. FORESTRY, SILVICULTURAL SCIENCES AND WILDLIFE RESOURCE MANAGEMENT

- V. Meshkova, Y. Koshelyaeva, M. Koliienkina, I. Shvydenko*  
**PREDICTION OF CHANGES IN THE HEALTH CONDITION OF SILVER BIRCH (*BETULA PENDULA* ROTH.)** ..... 42
- H. Krynytskyy, I. Skolsky, O. Krynytska, N. Lutsiv, V. Yakhnitsky*  
**BIOTIC STABILITY OF SCOTS PINE GROWING IN STANDS ON FAIRLY FERTILE SOIL TYPES OF THE LVIV ROZTOCHYA** ..... 50
- V. Lavnyy, R. Vytseha, R. Kravchuk, P. Spathelf*  
**SCIENTIFIC FUNDAMENTALS OF THE ESTABLISHMENT OF THE SILVICULTURAL DEMONSTRATION PLOT «BORSHCHOVYCHI»** ..... 58

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

- H. Boyko, N. Puzrina, A. Bondar, V. Hryb*  
**THE INFLUENCE OF MICROBIAL AGENTS AND BIOLOGICAL PRODUCTS BASED ON THEM ON THE BIOMETRIC PARAMETERS OF *PINUS SYLVESTRIS* L. SEEDLINGS** ..... 68
- Iu. Debryniuk, Yu. Myklush*  
**INFLUENCE OF *BETULA PENDULA* ROTH. ON MENSURATIONAL INDICES OF *PINUS SYLVESTRIS* L. IN FOREST PLANTATIONS OF FRESH SOIL CONDITIONS OF WESTERN POLISSIA** ..... 79
- N. Oleksiichenko, N. Gatal'ska, M. Kolenkina*  
**THE ROLE OF SOCIO-CULTURAL ASPECT IN THE FORMATION OF PARK ENVIRONMENT** ..... 91

#### 4. FOREST BIOMETRY AND FOREST MANAGEMENT PLANNING

*H. Hrynyk, A. Zadorozhnyy, O. Hrynyk*

<b>THE STEM BIOPRODUCTIVITY OF BEECH STANDS OF THE POLONYNIAN RANGE OF THE UKRAINIAN CARPATHIANS</b> .....	98
--	----

*V. Pasternak, O. Prihodko, O. Girs*

<b>STRUCTURE OF PINE STANDS IN THE PRIDONETSK STEPPE OF UKRAINE</b> .....	110
---	-----

#### 5. ECOLOGY, NATURAL RESOURCE ECONOMICS AND MANAGEMENT

*I. Dubovich, A. Adamovsky, K. Vasylyshyn, O. Perkhach, Yu. Volkovska, N.-M. Petrețchi*

<b>ECOLOGICAL ECONOMICS: A TOOL FOR IMPLEMENTING THE CONCEPT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT</b> .....	117
---	-----

*H. Stryamets, T. Prykladivska, V. Hrebelna, V. Skobalo, N. Ferents*

<b>THE APPRAISAL OF CLIMATE TRENDS IN THE UKRAINIAN ROZTOCHYA ON THE BASIS OF PLUVIOTHERMAL CONDITIONS</b> .....	130
--	-----

#### 6. WOOD PROCESSING TECHNOLOGIES AND FOREST ENGINEERING

*S. Gayda, O. Kiyko*

<b>POST-CONSUMER WOOD PROPERTIES AS AN IMPORTANT FACTOR IN THE QUALITY OF CONSTRUCTIONAL MATERIALS</b> .....	152
--	-----

#### 7. MEMORY PAGES

*M. Soroka, A. Shovgan, H. Krynytskyy, S. Myklush, Iu. Debryniuk*

<b>BIOLOGICAL SCIENCE IS A TOOL FOR LEARNING THE LAWS OF FOREST ECOSYSTEMS FUNCTIONING</b> (Pages of memory in honor of Professor, Doctor of Biological Sciences Vasyl Hryhorovych Kolishchuk – on the occasion of the 95th anniversary of his birth).....	163
--	-----

<b>INFORMATION FOR AUTHORS</b> .....	170
--------------------------------------	-----



# 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/10.15421/412122>  
Article received 2021.07.25  
Article accepted 2021.12.29

ISSN 1991-606X print  
ISSN 2616-5015 online  
@ ✉ Correspondence author  
Kateryna Davydenko  
[kateryna.davydenko74@gmail.com](mailto:kateryna.davydenko74@gmail.com)  
86 Pushkinska st., Kharkiv, 61024, Ukraine

UDK 630.4

## New insights into the role of phytopathogenic fungi vectored by pine bark beetles in pine decline

K. Davydenko<sup>1</sup>

*The study presented was carried out in response to the alarmingly increasing number of outbreaks of bark beetles and associated fungi in European forests including Ukraine. Our study was aimed to generate new knowledge on bark beetles and understand the possible role of vectored fungi. The obtained data can contribute to the increased knowledge and will allow adequately responding to an expected intensification of bark beetle disturbances, as well as may allow better understanding tree diseases and how to cope with them. In total, eleven ophiostomatoid fungi (*Graphium* sp., *Leptographium sosnaicola*, *Grosmannia olivacea*, *Grosmannia penicillata*, *Ophiostoma bicolor*, *O. ips*, *O. canum*, *O. piceae*, *O. minus*, *O. nigrocarpum* *Graphilbum rectangulosporium*) were found here in association with five species of bark beetles (*Hylurgus ligniperda*, *Hylastes ater*, *Hylastes angustatus*, *Ips acuminatus* and *Ips sexdentatus*) on Scots pine trees infested by bark beetles. Scots pine seedlings were inoculated with ophiostomatoid fungi and sterile medium (control) to evaluate their pathogenicity. The inoculated seedlings were examined finally 6 months later after inoculation. Inoculation with *Leptographium sosnaicola*, *Graphium* sp and *O. minus* produced significantly large lesions and mortality of pine seedlings. In total, all the eight fungal-inoculated species caused resin exudation and staining on the bark around inoculations in Scots pine seedlings and different rate of the seedlings decline.*

*It can be concluded that the studied bark beetles are vectors for different functional groups of fungi including aggressive pathogens, and that ophiostomatoid fungi are the most closely associated symbionts. Moreover, high virulence fungi can help bark beetles to overcome the tree resistance and may significantly contribute to tree mortality.*

**Key words:** ophiostomatoid fungi; Scots pine; bark beetles; pathogenicity.

**Introduction.** Bark beetles (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) are insects known all over the world that are among the most economically and ecologically important pests that are very dangerous for forests, especially for stressed and weakened trees. One of the

most distinguished characteristics of bark beetles is the ubiquitous association with different fungi that were recognized more than one hundred years ago (Six, 2003; Six & Wingfield, 2011). Bark beetles are well-known for promoting the spread of these fungi into the

<sup>1</sup> *Kateryna Davydenko* – Corresponding Member of Forestry Academy of Sciences of Ukraine, PhD, (Agricultural Sciences), Senior Researcher, G. M. Vysotsky Ukrainian Research Institute of Forestry & Forest Melioration, 86 Pushkinska st., Kharkiv, 61024, Ukraine. Visiting Researcher at the Department of Forest Mycology and Plant Pathology, Uppsala BioCenter, Swedish University of Agricultural Sciences, P.O. Box 7026, SE-75007, Uppsala, Sweden. Tel.: +38-098-66-755-26. E-mail: [kateryna.davydenko74@gmail.com](mailto:kateryna.davydenko74@gmail.com) ORCID <http://orcid.org/0000-0001-6077-8533>

living trees as well as to untreated timber and wood products (Linnakoski, 2011). There are a few dramatic examples of the invasion of bark beetle species and vectored fungi into new areas where they became aggressive and caused threats to forests after they had been accidentally introduced (Linnakoski 2011; Bezos, Martinez-Alvarez, Diez, & Fernandez, 2015; Hulcr et al., 2020).

Bark beetles comprise a highly diverse group of insects with a worldwide distribution. The overwhelming majority of bark beetle species are capable to attack weakened or dying trees when their populations are low in abundance, but a mass-attack on large numbers of healthy trees can take place once bark beetle populations are numerous (Hlásny et al., 2019).

Among aggressive bark beetles that have developed adaptations to colonize trees are mostly from the *Pinaceae* family. Despite the strong mechanism of tree resistance, these insects are economically and ecologically dangerous as during their outbreaks, they can devastate both managed and natural forests (Raffa, Bonello, & Orrock, 2020). The abundance of windthrown or coniferous trees weakened by drought, as e.g. Norway spruce (*Picea abies* L.) and Scots pine (*Pinus sylvestris* L.), can also trigger the growth of the bark beetle population. In case of the lack of fallen or stressed trees with low level of resistance, bark beetles can attack healthy trees (Linnakoski, 2011, 2012; Bezos et al., 2015; Hulcr et al., 2020).

From the 2010s and on, two species of bark beetles have been found to be the most destructive pests in *Pinus sylvestris* forests, becoming aggressive, attacking and killing healthy trees in Finland, Italy, Poland, Spain, Germany, Slovakia and also in Ukraine (Linnakoski, 2011; Davydenko, Vasaitis, Meshkova, & Menkis, 2014; Bezos et al., 2015; Davydenko, Vasaitis, & Menkis, 2017; Meshkova, Borysenko, & Pryhornytskyi, 2018; Hulcr et al., 2020; Davydenko, 2021). In Ukraine, massive *Pinus sylvestris* dieback and considerable economic damage were caused by the pine engraver beetle (*Ips acuminatus*) (Gyllenhal, 1827) (Coleoptera: Scolytidae) and the six-toothed bark beetle (*Ips sexdentatus*) (Börner, 1767) (Coleoptera: Scolytidae) (Davydenko et al., 2014, 2017; Meshkova et al., 2018). Therefore, *I. sexdentatus* and *I. acuminatus* can kill a considerable number of healthy trees given that their population density is high. The drought-induced weakening of *Pinus sylvestris* trees and their further infestation by bark beetles led to a rapid tree dieback in Ukraine, resulting in vast areas of lost plantation.

Moreover, bark beetles from the genera *Hylurgus* (*Hylurgus ligniperda*) and *Hylastes* (*H. angustatus* and *H. ater*) are the serious pests causing extensive damages to young plantations, stands and timber of *Pinus sylvestris*. *Hylurgus ligniperda* is among the most common bark beetles in Ukraine (Meshkova & Davydenko 2012; Davydenko et al., 2014), Davydenko, 2021). *Hylurgus ligniperda* breeds in logging residues including stumps, roots and logs of *Pinus sylvestris* trees while larvae of *H. ligniperda* may also feed

on roots and butts of healthy-looking and diseased seedlings and saplings (Davydenko et al., 2014).

**Material and methods.** *Field study and sample collection.* During the 2012-2018 period, to examine the presence of ophiostomatoid fungi, samples of beetles and blue-stained wood were taken from pine stands located in the different regions of the forest-steppe zone of Ukraine. The sample plots are given below (Tab. 1).

Stands at all sites were ca. 50-70 year-old mostly monoculture plantations of Scots pine. Sampling of bark beetles has been carried out randomly from standing trees of *Pinus sylvestris*. Trees were living but slightly or severely weakened by bark beetle and drought. The time of sampling coincided with the period when the dispersal flight period of young generation has completed and their galleries have already been built. Samples of bark with bark beetle galleries, phloem and sapwood were taken from the relevant part of standing trees using sterilized forceps, individually placed in sterile Ependorff tubes and transported to the laboratory. Half of the beetles from each site were stored at 4°C for fungal culturing and the other half – at -20°C for direct DNA sequencing of fungi.

*Study of fungal communities of bark beetles. Cultural method.* The half of bark beetles of each species and each site were used for fungal isolation. The isolation from bark beetle and wood from their galleries target to gain as much as possible ophiostomatoid fungi for further pathogenicity tests as well as other fungi (Davydenko et al., 2014, 2017). Fungal cultures were divided into groups based on their morphology and, for species identification, representative cultures from each group were subjected to sequencing of the internal transcribed spacer regions of the fungal ribosomal RNA (ITS rRNA). The isolation of DNA, amplification and sequencing were performed according to methods described by Davydenko (Davydenko, 2021). The amplification by PCR was done using primers ITS1F and ITS4. In addition,  $\beta$ -tubulin gene and the partial elongation factor 1-alpha (EF1-a) gene were amplified and sequenced for fungi from the genera *Ophiostoma*, *Graphilbum* and *Grosmania*. The  $\beta$ -tubulin gene was amplified using the primers Bt2a and Bt2b (and EF1-a gene was amplified using the primers EF1F and EF2R). Databases at GenBank were used to determine the identity of ITS rRNA sequences. The criteria used for the identification were as follows: sequence coverage > 80%; similarity to species level 98-100%, similarity to genus level 94-97%.

*Study of fungal communities of bark beetles. Direct sequencing.* While the conditions vary significantly in phloem compared with nutrient media, the cultural method is selective for fast-growing fungi and is biased towards those fungal species that are able to utilize successfully artificial media. The use of molecular methods circumvents this problem and allows filling a gap by extracting DNA directly from bark beetles and then amplifying it using nested PCR reactions (Persson et al., 2009). The fungal specific primers

NLC2 (GAGCTGATTCCCAACAACACTC) and NSA3 (AAACTCTGTCGTGCTGGGGATA) were applied first (Davydenko, 2021), then, in a second (nested) PCR ribosomal internal transcribed spacer (ITS) region has been targeted as the main primer for the identification

of a fungal community (Davydenko et al., 2014, 2017; Davydenko, 2021). After sequencing, taxonomic identification of derived sequences was carried out by comparing with known sequences in databases such as GenBank.

Table 1

**General information on bark beetle sampling in Ukraine**

Sample plot	Latitude, Longitude	Beetle species	Host species	Number of beetle samples
Eastern Ukraine				
Luhansk	N 48°43', E 039°05'	<i>Hylurgus ligniperda</i>	<i>Pinus sylvestris</i>	48
		<i>Ips acuminatus</i>		192
		<i>Hylastes ater</i>		138
		<i>Hylastes angustatus</i>		144
Kharkiv	N 49°10' E 037°14'	<i>Hylurgus ligniperda</i>	<i>Pinus sylvestris</i>	48
		<i>Ips acuminatus</i>		192
		<i>Hylastes ater</i>		138
		<i>Hylastes angustatus</i>		144
Kharkiv	N 49°48'40 E 36°21'24	<i>Ips sexdentatus</i>	<i>Pinus sylvestris</i>	96
Donetsk	N48°57'12 E37°54'58	<i>Ips sexdentatus</i>	<i>Pinus sylvestris</i>	96
		<i>Hylastes ater</i>		138
		<i>Hylastes angustatus</i>		144
Northern Ukraine				
Sumy 1	N 51°57'18 E 33°34'27	<i>Ips sexdentatus</i>	<i>Pinus sylvestris</i>	96
Sumy 2	N 51°23'02. E 33°23'33	<i>Ips sexdentatus</i>	<i>Pinus sylvestris</i>	96
Sumy 3	N 50°50'40 E 33°55'41	<i>Ips sexdentatus</i>	<i>Pinus sylvestris</i>	96
Central Ukraine				
Kyiv	N50°55'40 E30°02'27	<i>Ips sexdentatus</i>	<i>Pinus sylvestris</i>	96

**Pathogenicity test.** As mentioned above, some ophiostomatoid species are more or less pathogenic to their host plants. Therefore, to confirm pathogenicity and define pathogenic extent, the reappearance of the original symptoms after artificial inoculation by tested species is defined. For this, pathogenic ophiostomatoid fungi are inoculated into phloem by making wounds to similar bark beetles damage as described in our previous studies (Davydenko et al., 2017; Davydenko & Baturkin, 2020; Davydenko, 2021). Further, the fungal inoculation results in the formation of necrotic lesions in the phloem and colonization of sapwood, and in some cases, in the tree mortality (Davydenko & Baturkin, 2020). Thus, the virulence of the fungi was evaluated by measuring lesion sizes and monitoring the mortality of host plants after inoculation (Jankowiak, & Bilański, 2013; Repe, Bojovic, & Jurc, 2015).

**Statistical analyses.** Statistical analysis was carried out using the statistical software package PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis (Hammer et al., 2001). All the obtained data were tested for adherence to the normal distribution using the Kolmogorov–Smirnov test.

Sorensen similarity indices were used to characterise the diversity and composition of fungal (Magurran, 1988). The data from the inoculation and vector tests were analysed using analysis of variance (ANOVA). Significant treatment differences were further evaluated by Fisher's exact test followed by Tukey's HSD post hoc test. The significance was evaluated at the 0.05 p-level.

**Results and discussion.** Ophiostomatoid and other fungi associated with bark beetles infesting *Pinus sylvestris* in Ukraine were investigated in this study. Among countries neighboring Ukraine, the most comprehensive and detailed review of fungi associated with bark beetles infesting many conifers and hardwoods, including coniferous living trees, cut down, fallen trees and logs, has been done in Poland by Jankowiak (Jankowiak & Hilszczanski, 2005; Jankowiak & Kolarik 2010; Jankowiak, 2013; Jankowiak & Bilanski, 2013). These studies indicate numerous ophiostomatoid fungi associated with a bark beetle in Poland, the country nearest to Ukraine. Another Ukraine neighboring country is Slovakia, where only one research work has been recently

published by researchers, focused on ophiostomatoid fungi and pine bark beetle (Pastircakova et al., 2018).

The use of both cultural sequencing methods of bark beetle discovered species-rich fungal communities associated with pine bark beetle in Ukraine, encompassing different groups of the fungal kingdom and representing several different ecological roles. The overall

fungal community was composed of 83.5% Ascomycota, 9.5% Basidiomycota and 3% Mucoromycotina, 4% of species remaining unidentified. The most commonly detected groups for all species were saprotrophic fungi (28.1%), ophiostomatoid fungi (18.8%) and pathogens (17.3%), while the frequency of the other ecological group vary from 0.8 to 7.02 % (Fig. 1).

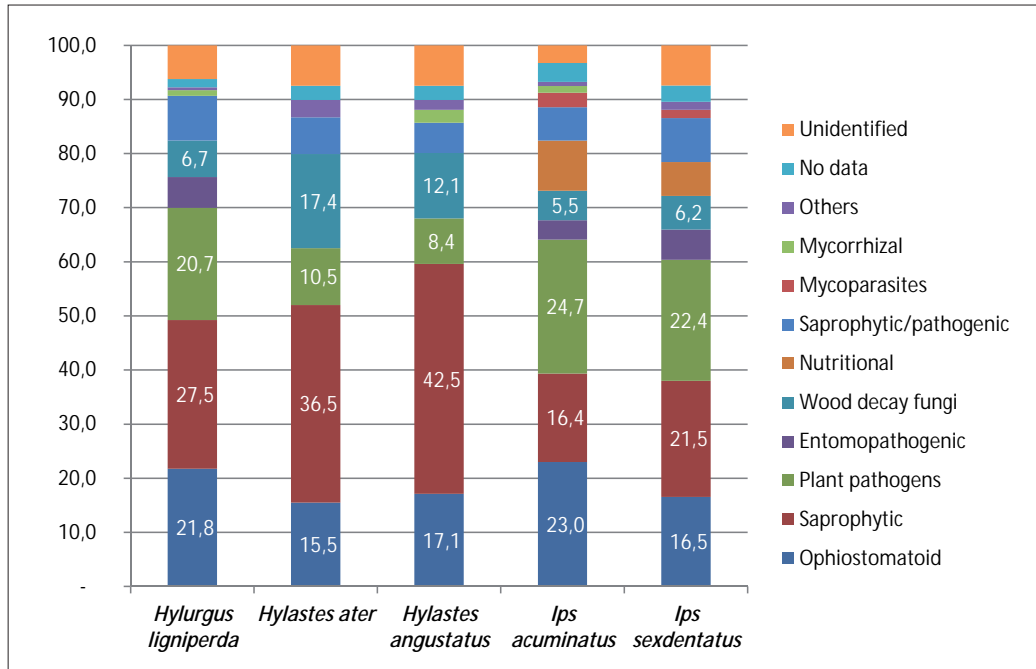


Fig. 1. Ecological composition of fungal communities associated with different pine bark beetles, Oph – ophiostomatoid fungi; Ept – entomopathogenic fungi; Wd = wood decay fungi; Sf = saprophytic fungi; Pp = Plant pathogen, Sp – fungi combined saprophytic and pathogenic strategy; Mp = mycoparasites; My = mycorrhizal fungi; Or = other ecological roles; Une = no data about ecology available, Und – unidentified fungi

In particular, Ascomycota species were common to be associated with all insects at all sites. Among ophiostomatoid fungi, only *Ceratocystis ips* and *Pesotum piceae* (syn. *Ophiostoma piceae*) have been detected for all species and sites while *Grosmannia penicillata* and *Leptographium sosnaicola* were associated exclusively with *Ips sexdentatus* and *Ophiostoma pallidulum* with *Ips acuminatus* (Fig. 2). Moreover, *Grosmannia penicillata*, *G. olivacea*, *Graphium* sp., *Ophiostoma canum* *O. minus*, *Ophiostoma pallidulum*, *Graphilbum rectangulosporium* and *Leptographium sosnaicola* were found first in Ukraine and described to be associated with bark beetles in the present study. Other ophiostomatoid fungi *Ceratocystis ips* and *Pesotum piceae* were mentioned as associated with *Pinus sylvestris* logs in Ukraine. Among the basidiomycetes, species belonging to *Polyporales*, species within *Tremellomycetes*, *Corticiales*, *Agaricales* and *Russulales* were also detected. Within Basidiomycota group, wood-decaying fungi (*Bjerkandera adusta*, *Fomitopsis pinicola*, *Heterobasidion annosum*, *Phlebiopsis gigantea*), mycorrhizal fungi (*Hebeloma* sp.) as well plant pathogen species (*Cryptococcus* sp.) and nutritional fungus *Entomocorticium* sp. were found.

*Heterobasidion annosum* s.l. has also previously been isolated from *Hylurgus ligniperda* (Davydenko et

al., 2014), *Hylastes ater* and *H. angustatus* (Meshkoba & Davydenko, 2012) but not from *Ips acuminatus* (Davydenko et al., 2017), which can be explained by the localization of bark beetles in the bottom stem and root rot mycelia grown into the wood and therefore the different fungal species can appear on the body surface of insects.

*Entomocorticium* sp. was the most common fungus associated with *Ips acuminatus* (24,5%) and *Ips sexdentatus* (12,33%), while no nutritional fungi had been found with *Hylurgus ligniperda* (Davydenko et al., 2014). In both cases *Entomocorticium* sp., was detected by direct sequencing first in association to *Ips acuminatus* and *Ips sexdentatus*. This is mycangial fungus, which was the most commonly detected fungus in the present study, has previously only been reported in association with *Dendroctonus ponderosa* Hopkins, (Coleoptera: Curculionidae) and *Dendroctonus frontalis* Zimmermann (Coleoptera: Curculionidae) (Klepzig et al., 2004). *Entomocorticium* sp. may provide nutritional benefits to larvae of bark beetles while *Ophiostoma minus* results in poorly developed larvae, which often fail to reach the adult stage (Klepzig et al., 2004). *Entomocorticium* sp. may provide some protection for larvae of bark beetles against the negative impact of *O. minus*. *Ophiostoma minus* is a high virulent fungus in

our study, apparently, also antagonistic fungal symbiont, that threatens normal development of larvae because it can stop the increase of nutrient concentrations of the phloem as mycangial fungi do. In contrast, *Ambrosiella macrospora* (Franke-Grosch.), which is primarily known as a food source for larvae and thought to be non-pathogenic and which is commonly associated with

*Ips acuminatus* in Italy (Villary et al., 2012), but was not detected in our study. The latter examples demonstrate that *Ips acuminatus* and *Ips sexdentatus* may vector rather different fungal communities in different parts of Europe including unique nutritional fungus serving an additional source of nutrition for both adults and larvae (Jankowiak, 2013).

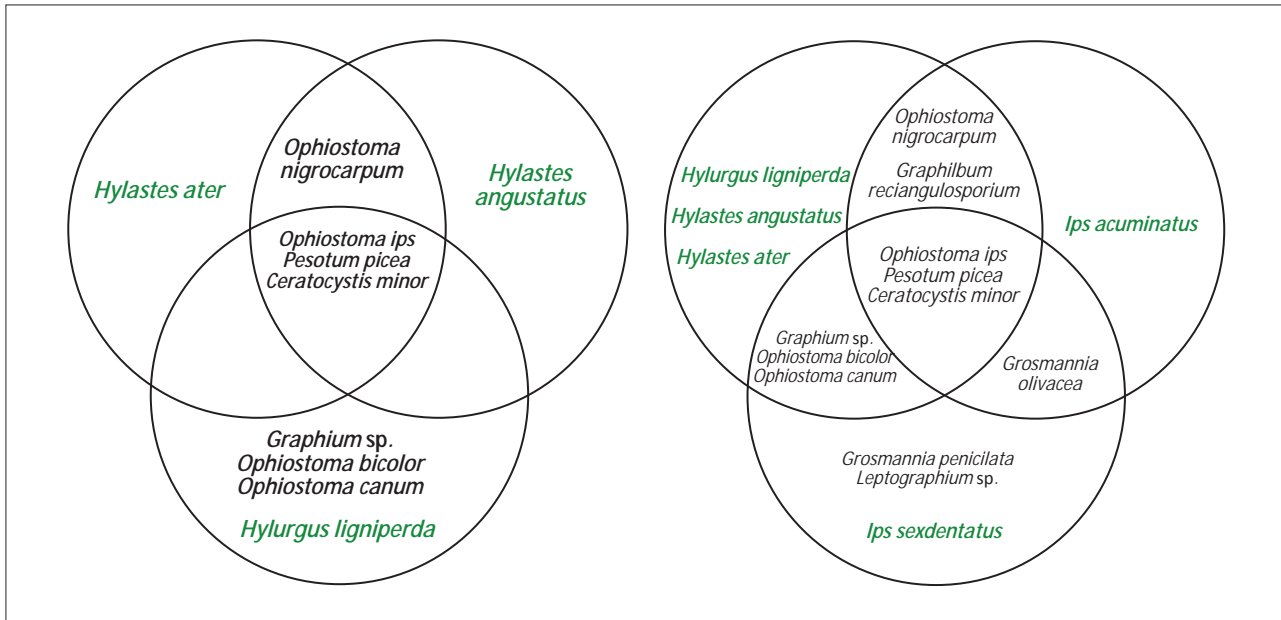


Fig. 2. Venn diagram of the association of five pine bark beetle, *Hylurgus ligniperda*, *Hylastes ater*, *Hylastes angustatus* and *Ips acuminatus* and *Ips sexdentatus* with ophiostomatoid fungi

*Sphaeropsis sapinea* has been shown to be associated with *Ips acuminatus* in high frequency (24,0%), second after *Entomocorticium sp.*, but quite rare isolated pathogens from the *Ips sexdentatus* and never from *Hylurgus ligniperda* in our study which can be attributed to the absence of *H. ligniperda* and *I. sexdentatus* maturation feeding in the crown.

*Sphaeropsis sapinea* is a widely distributed pathogen of conifers causing Diplodia tip blight and stem canker disease (Luchi et al., 2014). Previously, associations between *Sphaeropsis pinea* and *Tomicus piniperda* L. (Coleoptera: Curculionidae), *Hylastes attenuatus* Erichson, (Coleoptera: Curculionidae), *Hylurgops palliates* (Gyll.) (Coleoptera: Curculionidae), and *Xyleborus dispar* (F) (Coleoptera: Curculionidae) beetles have been reported from northern Spain (Goldazarena, Romón, & López, 2012). Also, a possible interaction between the exotic insect *Leptoglossus occidentalis* Heidemann (Hemiptera: Coreidae) and *Sphaeropsis pinea* has been postulated because both these species damage pine cones in Italy (Luchi et al., 2012). Moreover, in contrast to our study, it has been demonstrated that *Sphaeropsis pinea* was effectively vectored by *Hylastes ater*, *Hylastes opacus* Erichson (Coleoptera: Curculionidae) and *Hylurgus ligniperda* in Poland (Jankowiak, 2013) although not for the present study.

Therefore, our study, provides evidence for the first time that *S. pinea* is commonly associated with *Ips*

*acuminatus* and *Ips sexdentatus* in Ukraine. Generally, complete fungal diversity associated with bark beetle species is better estimated with studies sampling by pooling data for all sites, as can be illustrated by the fact that diversity indices are higher for the *Ips sexdentatus* and *Ips acuminatus* than those for *Hylurgus ligniperda*, *Hylastes ater* and *H. angustatus*.

To determine if the insects actively spread the fungi requires more investigation, but it is clear from this study that fungi can be present on the body surface of insects or in their stomachs and could be vectored by bark beetles. We observed that almost all attacks of pine bark beetles were efficient for some blue-stain fungi which were able to colonize sapwood. Some species (as *Ophiostoma minus*) impair the development of bark beetle larvae whereas other species facilitate bark beetle attack by overcoming tree resistance. This suggests that when established in phloem at the early-stage, ophiostomatoid species competitive abilities are important mechanisms influencing the fungal species community. In term of these abilities of ophiostomatoid fungi, the study of their pathogenicity and degree of virulence seems important for awareness of their influence on forest health as well as for understanding partnerships in bark beetle-fungi symbiosis, which contributes to most of the success and diversity of these insects.

Several methods can be used by researchers to assess and compare the virulence of the ophiostomatoid

fungi associated with bark beetles. The most common method is to measure the size of the lesions forming after the inoculation. Moreover, typical symptoms and damage to the tree would be also useful for assessment. Pathogenicity test revealed different degrees of virulence of different fungal species together with colonization patterns of the plant tissue (Tab. 2).

Table 2  
Effect of inoculation of 3-4-year-old  
*Pinus sylvestris* seedlings with ophiostomatoid  
fungi (Davydenko, 2021)\*

Species	Length of the lesion, mm	Dead plants, %	Declining plants, %
<i>Ceratocystis ips</i>	3.9±0.4 <sup>a</sup>	0	0
<i>Graphium</i> sp.	14.7±1.22 <sup>b</sup>	58.33	42.7
<i>Grosmannia olivacea</i>	6.5±0.24 <sup>c</sup>	16.67	16.67
<i>Grosmannia penicillata</i>	9.6±1.9 <sup>d</sup>	33.33	16.67
<i>Grosmannia rectangulosporium</i>	11.02±0.2 <sup>d</sup>	0	10
<i>Leptographium sosnaicola</i>	25.9±1.2 <sup>c</sup>	75	25
<i>Ophiostoma bicolor</i>	10.2±0.27 <sup>d</sup>	8.33	25
<i>Ophiostoma canum</i>	3.4±0.06 <sup>a</sup>	0	0
<i>Ophiostoma minus</i>	19.6±0.9 <sup>e</sup>	45	25
<i>Ophiostoma pallidulum</i>	2.9±0.2 <sup>a</sup>	0	0
<i>Pesotum piceae</i>	3.2±0.1 <sup>a</sup>	0	0
Control	0 <sup>f</sup>	0	0

\* values for blue-stain depth and lesion length show as mean ± one standard error)

There was a mortality of the inoculated seedlings (75, 58.33 and 45% respectively) after inoculation causing decline of the rest of them (Tab. 2) which was expressed in wilting of the new shoots of the current's years shoots and needle yellowing. *Grosmannia penicillata*, *G. olivacea* and *Ophiostoma bicolor* caused the death of 33.33, 16.67 and 8.33 7% seedlings respectively and also decline of survivors. Inoculation with *Graphilbum rectangulosporium* resulted only declining 10% of seedlings (See Tab. 2). *Ceratocystis ips*, *Ophiostoma canum*, *O. pallidulum* and *Pesotum piceae* did not cause any decline or death of the pine seedlings. No plant dieback or decline was observed in the control.

All testing fungi resulted in lesions of different sizes (See Tab. 2) that were significantly higher than sterile inoculated control plants ( $p = 0.000$ ). *Leptographium sosnaicola* and *O. minus* induced significantly larger necrotic lesions than other ophiostomatoid fungi.

Therefore, all inoculated fungi showed capability to infect plant tissues and cause lesions of different sizes (See Tab. 2). The lesions were generally covered with resin and extended vertically in both directions from the point of inoculation.

*Ophiostoma minus*, *Leptographium sosnaicola* and *Graphium* sp. showed signs of being the most virulent in this study as well as *G. olivacea*, *G. penicillata* and *O. bicolor* which also caused pine decline and mortality. These results support other studies that have found *Grosmannia* and *Leptographium* species could show high virulence to conifers in Europe and Scandinavia where they are well-known to exist in symbiosis with spruce bark beetles (Linnakoski, 2011; Jankowiak, 2013). *Grosmannia olivacea* appears to be significantly less virulent compared with *Grosmannia penicillata*, while inoculation with *Ceratocystis ips*, *Ophiostoma canum*, *O. pallidulum* and *Pesotum piceae* resulted in relatively small lesions indicating that these species were weak pathogenic although lesion reactions were longer and deeper compared to control seedlings.

Finally, our results and conclusions corroborate a few previous findings, suggesting that pathogenicity is not specific ability and differences in virulence exist between the fungi (Linnakoski, 2011; Jankowiak, 2013; Zhao et al., 2019).

**Conclusions.** To sum up, eleven ophiostomatoid fungi (*Graphium* sp., *Leptographium sosnaicola*, *Grosmannia olivacea*, *Grosmannia penicillata*, *Ophiostoma bicolor*, *O. ips*, *O. canum*, *O. piceae*, *O. minus*, *O. nigrocarpum* *Graphilbum rectangulosporium*) were found in association with five bark beetles (*Hylurgus ligniperda*, *Hylastes ater*, *Hylastes angustatus*, *Ips acuminatus* and *Ips sexdentatus*) in Ukraine on Scots pine trees infested by bark beetles. It can be concluded that the studied bark beetles are vectors for different functional groups of fungi including aggressive pathogens, and that ophiostomatoid fungi are the most closely associated symbionts. Moreover, high virulence fungi can help bark beetles to overcome the tree resistance and may significantly contribute to tree mortality.

## References

- Bezoz, D., Martinez-Alvarez, P., Diez, J., & Fernandez, M. (2015) The pine shoot beetle *Tomicus piniperda* as a plausible vector of *Fusarium circinatum* in northern Spain. *Annals of Forest Science*, 72, 1079-1088. <https://doi.org/10.1007/s13595-015-0515-4>
- Davydenko, K. (2021). *Occurrence and pathogenicity of tree-pathogenic fungi vectored by bark beetles*. Doctoral dissertation, Swedish University of Agricultural Sciences, 2021:25. <https://pub.epsilon.slu.se/23333/>

- Davydenko, K., & Baturkin, D. (2020). Ophiostomatoid fungi vectored by bark beetles and colonizing trees of *Pinus sylvestris* in Sumy region (Ukraine). *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 21, 22-29. <https://doi.org/10.15421/412022>
- Davydenko, K., Vasaitis, R., & Menkis, A. (2017). Fungi associated with *Ips acuminatus* (Coleoptera: Curculionidae) in Ukraine with a special emphasis on pathogenicity of ophiostomatoid species. *European Journal of Entomology*, 114, 77-85. <https://doi.org/10.14411/eje.2017.011>
- 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://search.proquest.com/docview/1622264211?accountid=28676>
- Goldazarena, A., Romón, P., & López, S. (2012): Bark beetles control in forests of Northern Spain. In Larramendy M.L., & Soloneski S. (eds): Integrated Pest Management and Pest Control-Current and Future Tactics. In Tech, Open Access Publisher, pp. 323-352
- Hammer, O., Harper, D.A., & Ryan, P.D. (2001). PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia electronica*, 4 (1), 9. [https://palaeo-electronica.org/2001\\_1/past/issue1\\_01.htm](https://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm)
- Hlásny, T., Krokene, P., Liebhold, A., Montagné-Huck, C., Müller, J., Qin, H., ... Viiri, H. (2019). *Living with bark beetles: impacts, outlook and management options*. European Forest Institute. <http://www.forestiersdalsace.fr/UserFiles/File/PDF/Exemples/Vivre-avec-les-scolytes-19.pdf>
- Hulcr, J., Barnes, I., De Beer, Z.W., Duong, T.A., Gazis, R., Johnson, A.J., ... Villari, C. (2020) Bark beetle mycobiome: collaboratively defined research priorities on a widespread insect-fungus symbiosis. *Symbiosis*, 81, 101-113. <https://doi.org/10.1007/s13199-020-00686-9>
- Jankowiak, R. (2006) Fungi associated with *Tomicus piniperda* in Poland and assessment of their virulence using Scots pine seedlings. *Annals of Forest Science*, 63, 801-808. <https://doi.org/10.1051/forest:2006063>
- Jankowia, R. (2013) Assessing the virulence of ophiostomatoid fungi associated with the pine-infesting weevils to scots pine *Pinus sylvestris* L. seedlings. *Acta Agrobotanica*, 66, 85-94. <http://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.agro-f07620c6-3e76-4bf4-9132-4118c2c7fffa>
- Jankowiak, R., & Bilański, P. (2013). Diversity of ophiostomatoid fungi associated with the large pine weevil, *Hylobius abietis* and infested scots pine seedlings in Poland. *Annals of Forest Science*, 70 (4), 391-402. <https://doi.org/10.1007/s13595-013-0266-z>
- Jankowiak, R., & Hilszczanski, J. (2005) Ophiostomatoid, fungi associated with *Ips typographus* (L.) on *Picea abies* (L.) H. Karst. and *Pinus sylvestris* L. in north-eastern Poland. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, 74, 345-350. <https://agro.icm.edu.pl/agro/element/bwmeta1.element.agro-article-7002e736-e3df-45a4-8716-ffcb286a6812>
- Jankowiak, R., & Kolarik, M. (2010) Diversity and Pathogenicity of Ophiostomatoid Fungi Associated with Tetroplium Species Colonizing *Picea abies* in Poland. *Folia Microbiologica*, 55, 145-154. <https://doi.org/10.1007/s12223-010-0022-9>
- Klepzig, K. D., & Six, D.L. (2004) Bark beetle-fungal symbiosis: Context dependency in complex associations. *Symbiosis*, 37, 189-205. <https://dalspace.library.dal.ca/bitstream/handle/10222/78032/VOLUME%2037-NUMBERS%201-3-2004-PAGE%20189.pdf?sequence=1>
- Linnakoski, R. (2011) *Bark beetle-associated fungi in Fennoscandia with special emphasis on species of Ophiostoma and Grosmannia*. Joensuu: Faculty of Science and Forestry School of Forest Sciences, University of Eastern Finland. <https://pdfs.semanticscholar.org/1502/7a31e387b376984267eea244ca02eb76730c.pdf>
- Linnakoski, R., De Beer, Z.W., Duong, T.A., Niemela, P., Pappinen, A., & Wingfield, M.J. (2012). *Grosmannia* and *Leptographium* spp. associated with conifer-infesting bark beetles in Finland and Russia, including *Leptographium taigense* sp. nov *Antonie van Leeuwenhoek*, 102, 375-399. <https://doi.org/10.1007/s10482-012-9747-6>
- Luchi, N., Longa, C.M.O., Danti, R., Capretti, P., & Maresi, G. (2014) *Diplodia sapinea*: the main fungal species involved in the colonization of pine shoots in Italy. *Forest Pathology*, 44, 372-381. <https://doi.org/10.1111/efp.12109>
- Luchi, N., Mancini, V., Feducci, M., Santini, A., & Capretti, P. (2012) *Leptoglossus occidentalis* and *Diplodia pinea*: a new insect-fungus association in Mediterranean forests. *Forest Pathology*, 42, 246-251. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0329.2011.00750.x>
- Meshkova, V.L., & Davidenko, E.V. (2012). Ophiostomatoid fungi carried by root beetles in pine plantation of the Left Bank Ukraine. *Scientific bulletin of St. Petersburg LTA*, 200, 106-113
- Meshkova, V.L., Borysenko, O.I., & Pryhornytskyi, V.I. (2018). Forest site conditions and other features of Scots pine stands favorable for bark beetles. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 16, 106-114. <https://doi.org/10.15421/411812>
- Persson, Y., Vasaitis, R., Langstrom, B., Ohm, P., Ihrmark, K., & Stenlid, J. (2009). Fungi vectored by the bark beetle *Ips typographus* following hibernation under the bark of standing trees and in the forest litter. *Microbial Ecology*, 58, 651-659. <http://www.jstor.org/stable/40343509>
- Raffa, K.F., Bonello, P. & Orrock, J.L. (2020). Why do entomologists and plant pathologists approach trophic relationships so differently? Identifying biological distinctions to foster synthesis. *New Phytologist*, 225, 609-620. <https://doi.org/10.1111/nph.16181>
- Repe, A., Bojovic, S., & Jurc, M. (2015) Pathogenicity of ophiostomatoid fungi on *Picea abies* in

- Slovenia. *Forest Pathology*, 45 (4), 290-297. <https://doi.org/10.1111/efp.12170>
- Six, D.L. (2003) A comparison of mycangial and phoretic fungi of individual mountain pine beetles. *Canadian Journal of Forest Research-Revue Canadienne De Recherche Forestiere*, 33 (7), 1331-1334. <https://doi.org/10.1139/x11-041>
- Six, D.L., & Wingfield, M.J. (2011) The Role of Phytopathogenicity in Bark Beetle-Fungus Symbioses: A Challenge to the Classic Paradigm. *Annual Review of Entomology*, 56 (56), 255-272. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-120709-144839>
- Villari, C., Battisti, A., Chakraborty, S., Michelozzi, M., Bonello, P., & Faccoli, M. (2012). Nutritional and pathogenic fungi associated with the pine engraver beetle trigger comparable defences in Scots pine. *Tree Physiology*, 32, 867-879. <https://doi.org/10.1093/treephys/tps056>
- Wingfield, M.J., Barnes, I., de Beer, Z.W., Roux, J., Wingfield, B.D., Taerum, S.J. (2017) Novel associations between ophiostomatoid fungi, insects and tree hosts: current status-future prospects. *Biological Invasions*, 19(11), 3215-3228. <https://doi.org/10.1007/s10530-017-1468-3>
- Yamaoka, Y., Takahashi, I., & Iguchi, K. (2000). Virulence of ophiostomatoid fungi associated with the spruce bark beetle *Ips typographus* f. japonicus in Yezo spruce. *Journal of Forest Research*, 5, 87-94. <https://doi.org/10.1007/BF02762525>
- Zhao, T., Kandasamy, D., Krokene, P., Chen, J.Y., Gershenzon, J., & Hammerbacher, A. (2019) Fungal associates of the tree-killing bark beetle, *Ips typographus*, vary in virulence, ability to degrade conifer phenolics and influence bark beetle tunneling behavior. *Fungal Ecology*, 38, 71-79. <https://doi.org/10.1016/j.funeco.2018.06.003>

## Нове розуміння ролі фітопатогенних грибів, які переносяться сосновими короїдами, у всиханні соснових лісів

К. В. Давиденко<sup>1</sup>

Масове всихання соснових насаджень у багатьох країнах Європи, зокрема і в Україні, вимагає детального вивчення асоціацій ксилофагів і фітопатогенних грибів, насамперед – офіостомових,

що разом з короїдами зумовлюють швидке масове всихання деревостанів. Робота скерована на отримання нових знань про асоціативні зв'язки ксилофагів із фітопатогенними грибами. Отримані дані можуть допомогти своєчасно і адекватно оцінити щкодочинність стовбурових шкідників та агресивність пов'язаних з ними фітопатогенів, шляхи поширення хвороб, способи запобігання і контролю за їхнім поширенням. Під час вивчення соснових стовбурових шкідників було виявлено одинадцять офіостомових грибів (*Graphium* sp., *Leptographium sosnaicola*, *Grosmannia olivacea*, *Grosmannia penicillata*, *Ophiostoma bicolor*, *O. ips*, *O. canum*, *O. piceae*, *O. minus*, *O. nigrocarpum*, *Graphilbum rectangulosporium*), асоційованих з п'ятьма видами короїдів (*Hylurgus ligniperda*, *Hylastes ater*, *Hylastes angustatus*, *Ips acuminatus* та *Ips sexdentatus*). Саджанці сосни звичайної інокулювали офіостомовими грибами та стерильним середовищем (контроль) для оцінки їхньої патогенності. Інокуляція *Leptographium sosnaicola* *Graphium* sp. та *Ophiostoma minus* спричиняла найбільші некрози, ураження та загибель сіянців сосни.

Серед офіостомових грибів лише *Ceratocystis ips* і *Pesotum piceae* (син. *Ophiostoma piceae*) були виявлені у всіх регіонах дослідження, тоді як *Grosmannia penicillata* та *Leptographium sosnaicola* були пов'язані виключно з *Ips sexdentatus*, а *Ophiostoma pallidulum* – з *Ips acuminatus*. Крім того, *Grosmannia penicillata*, *G. olivacea*, *Graphium* sp., *Ophiostoma canum*, *O. minus*, *O. pallidulum*, *Graphilbum rectangulosporium* та *Leptographium sosnaicola* були вперше виявлені в Україні під час виконання наших досліджень. Інші офіостомові гриби – *Ceratocystis ips* та *Pesotum picea* раніше були виявлені в Україні як гриби, асоційовані з *Pinus sylvestris*.

Також в асоціації з ксилофагами було виявлено види, які належать до порядку *Polyporales* (*Tremellomycetes*, *Corticiales*, *Agaricales* та *Russulales*). У групі *Basidiomycota* трапляються гриби, що зумовлюють гнилизну деревини (*Bjerkandera adusta*, *Fomitopsis pinicola*, *Heterobasidion annosum*, *Phlebiopsis gigantea*), мікоризні гриби (*Hebeloma* sp.), а також види – збудники хвороб рослин (*Cryptococcus* sp.) та живильний гриб *Entomocor*.

*Heterobasidion annosum* s.l. – збудник кореневої губки сосни звичайної, який зумовлює масове всихання і загибель дерев, був виділений з жуків *Hylurgus ligniperda*, *Hylastes ater* та *H. angustatus*, що можна пояснити особливостями екології видів.

Досліджувані види короїдів є переносниками різних функціональних груп грибів, зокрема збудників хвороб сосни, а офіостомові гриби є тісно пов'язаними з ними симбіонтами. Крім того, види грибів з високим ступенем вірулентності можуть допомагати короїдам подолати захисні функції дерев і різною мірою спричиняти їхню загибель.

**Ключові слова:** офіостомові гриби; сосна звичайна; короїди; патогенність.

<sup>1</sup> Давиденко Катерина Валеріївна – член-кореспондент Лісівничої академії наук України, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник. Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького, вул. Пушкінська, 86, м. Харків, 61024, Україна; Запрошений науковий співробітник Департаменту Лісової мікології і фітопатології Шведського Аграрного Університету, P.O. Box 7026, SE-75007, Уппсала, Швеція. Тел.: +38-098-66-755-26. E-mail: katernyna.davydenko74@gmail.com ORCID <http://orcid.org/0000-0001-6077-8533>





УДК 630\*443:582.931.4

## Симптоми, поширення та шкодочинність туберкульозу *Fraxinus excelsior* L. (збудник – *Pseudomonas syringae* pv. *savastanoi* (Smith 1908) Young et al.)

І. М. Кульбанська<sup>1</sup>

Останніми роками спостережено епіфітотійне всихання багатьох видів лісових деревних рослин як в Україні, так і в інших країнах, яке має динамічний характер і тенденцію до зростання. У глибокій патології цього явища поза увагою залишилися фітопатогенні бактерії, які володіють високою енергією розмноження і здатні проникати в рослину як ззовні, так і спричиняти патологічний процес як вітальні облигати.

Найбільш поширеним і шкодочинним захворюванням *Fraxinus excelsior* L. є туберкульоз. Туберкульоз завдає більшою мірою економічних, ніж екологічних збитків. Збудник хвороби – фітопатогенна бактерія *Pseudomonas syringae* pv. *savastanoi* – уражує як стовбури, гілки та пагони, так і суцвіття ясена. З туберкульозної патології, як супутню міко- і мікробіоту, ізольовано бактерії *Pseudomonas* sp., *P. fluorescens*, *P. syringae*, *Erwinia herbicola*, *E. horticola*, *Xanthomonas* sp. та мікроміцети *Cladosporium cladosporioides*, *Ulocladium botrytis*, *Mycelia sterilia* (dark), *Mycelia sterilia* (orange), *Fusarium heterosporum*, *Fusarium* sp., *Acremonium strictum*, *Cylindrocarpon didymum* тощо.

У патогенезі хвороби виділено п'ять етапів (фаз) її розвитку та наведено основні симптоматичні характеристики уражень, що дає змогу вчасно розпізнати уражене дерево для кожної вікової групи насаджень. Удосконалено методи діагностики бактеріальних хвороб *Fraxinus excelsior*. Виявлено пряму залежність поширення туберкульозу від частки ясена у складі насаджень різних вікових груп.

Показано, що патологія *Fraxinus excelsior* – явище багатогранне із взаємопов'язаними процесами інфекційного та неінфекційного характеру.

**Ключові слова:** туберкульозна патологія; патогенна міко- та мікробіота; збудник; патогенез; антагонізм; поширеність хвороби.

**Вступ (Introduction).** Своєрідним пусковим механізмом патологічного процесу та генезису хвороби є комплекс чинників синоптичного характеру внаслідок дисфункції імунних структур, з очевидним проявом та реалізацією екологічних і трофічних ніш фітопатогенів грибної та бактеріальної етіології. Реалізація їх життєвих стратегій залежить від конкурентоздатності та агресивності. Причетні до патологічного процесу також нематоди та мікоплазми. Важливим, на наш погляд (Gouychuk,

Drozda, Shvets, & Kulbanska, 2020) є те, що можлива посередницька роль популяцій членистоногих, переважно ксилофагів, та їхня участь у складному циркуляційному процесі збудників.

Доступні першоджерела не дають змоги прослідкувати процес трансформації популяцій нативної патогенної мікробіоти або атаки агресивних штамів. До того ж у сучасній патології деревних рослин практично не обговорюють проблему саногенезу.

<sup>1</sup> Кульбанська Іванна Миколаївна – кандидат біологічних наук, доцент кафедри лісівництва. Національний університет біоресурсів і природокористування України, вул. Генерала Родімцева, 19, м. Київ, 03041, Україна. Тел.: +38-050-781-97-10. E-mail: [kulbanska@nubip.edu.ua](mailto:kulbanska@nubip.edu.ua) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3424-8106>

Нещодавні звістки про погіршення санітарного стану та загибель *Fraxinus excelsior* у понад 30 країнах Європи стрімко поширилися і стривожили вчених та практиків лісової галузі, а також стали підставою для суперечок щодо його причин.

Масове відмирання *Fraxinus excelsior* вперше зареєстровано на початку 1990-х років у північно-східній Польщі й Литві (за останніми даними, на сьогодні хворобою уражено понад 30 тис. га, або 60% усієї площі деревостанів ясена звичайного) (Gil et al., 2017). Потім хвороба поширилася на північ до Латвії та Естонії (Matisone, Matisons, Laiviņš, & Gaitnieks, 2018). У 2002 р. це захворювання було вперше зареєстровано у Німеччині та Швеції (у 2010 р. ясен звичайний внесено до Червоної книги Швеції) (Langer, 2017), у 2004 р. – у Чеській Республіці, Словаччині, Фінляндії (Jankovský, & Holdenrieder, 2009) і Данії, а в 2005 р. – в Австрії (Halmschlagler, & Kirisits, 2008). Згодом, у 2007 р., всихання ясена поширилося в Угорщину, Словенію та Норвегію (Talgo et al., 2009). У 2008 р. хвороба досягла Франції (Husson et al., 2011), у 2009 р. – Італії та Греції (Ogris et al., 2010), де призвела до масової загибелі дерев. Останні повідомлення щодо зазначеної патології *Fraxinus excelsior* отримано з Бельгії (Chandelier, Delhaeye, & Nelson, 2011), Нідерландів, Англії та Ірландії (COST, 2011). Наразі загибель ясена відбувається у 30 європейських країнах. Програми країн, де виявлено ознаки відмирання ясена, спрямовані на виявлення походження збудника, оцінювання його впливу на ліси, розроблення методів діагностики та ведення лісового господарства в уражених лісах, зокрема і в напрямі селекції ясена на стійкість до збудників хвороб (COST, 2011).

Отже, зважаючи на лісівничу, екологічну та господарську цінність деревостанів за участю *Fraxinus excelsior*, враховуючи прогресуюче погіршення їх фітосанітарного стану останніми роками, комплексне дослідження симптоматики, етиології та патогенезу туберкульозу ясена з подальшим розробленням ефективних заходів захисту, зокрема і з використанням біопрепаратів на базі *Bacillus* sp. та інших міко- і мікроорганізмів, є особливо актуальним напрямом досліджень.

**Мета роботи** полягає у виявленні негативних абіотичних і біотичних, зокрема паразитарних чинників у туберкульозній патології *Fraxinus excelsior*.

**Об'єкт дослідження** – симптоматика, поширення і шкодочинність туберкульозної патології ясена звичайного. **Предмет дослідження** – особливості патогенезу *Fraxinus excelsior* у лісових насадженнях України.

**Об'єкти і методика дослідження (Objects and methods).** *Fraxinus excelsior* є невід'ємною і цінною компонентою, як головна порода у багатьох лісових асоціаціях, що сформувалася на багатих ґрунтах, створюючи високобонітетні насадження разом з *Quercus robur* L. та *Carpinus betulus* L. При цьому унікальні природні ясеневі ліси, які зосереджені, переважно, на багатих темно-сірих суглинистих

ґрунтах, збереглися тільки в умовах Західного Поділля України, де кліматичні умови найсприятливіші для росту і розвитку цього деревного виду.

Загальна схема досліджень патології *Fraxinus excelsior* охоплювала такі етапи: рекогносцирувальні та детальні лісопатологічні обстеження за загальноприйнятими лісівничо-таксаційними і фітопатологічними методами; відбір уражених органів і тканин; ізоляція міко- і мікроорганізмів у чисту культуру; перевірка патогенних властивостей виділених ізолятів та їх ідентифікація; дослідження антагоністичних взаємовідносин у системі «бактерія-бактерія», «бактерія-мікроміцет» як можливих чинників індукції демутаційних процесів у лісовий біоценоз. Окрім того, досліджували вплив метеорологічних (синоптичних) чинників, як катализаторів патології *Fraxinus excelsior*.

Здійснено рекогносцирувальні та детальні лісопатологічні обстеження насаджень за участю ясена звичайного із закладанням 24 пробних площ у лісовому фонді державних підприємств «Чортківське ЛГ», «Тернопільське ЛГ», «Бучацьке ЛГ» згідно з СОУ 02.02-37-476:2006 «Пробні площі лісовпорядні. Метод закладання» (2007). Зрубано 17 модельних дерев; відібрано 240 зразків для міко- та мікробіологічних досліджень; виділено 110 ізолятів мікроміцетів та бактерій, зокрема 37 штамів фітопатогенних бактерій; вивчено анатомо-морфологічні та фізіолого-біохімічні характеристики 120 штамів бактерій; виявлено 11 видів комах шкодочинної ентомофауни.

Кількість мікроорганізмів, залежно від функціональних та інших ознак, тестували за їхнім ростом на спеціальних живильних середовищах (КА, МПА, МПБ солодовий екстракт агару, середовище Чапека тощо). Патогенні властивості ізолятів виявляли в лабораторних і польових умовах шляхом штучного зараження вегетативних і генеративних органів *Fraxinus excelsior* та індикаторних рослин (*Phaseolus vulgaris* L., *Nicotiana tabacum* L., *Kalanchoe laciniata* L.) бактеріальною суспензією титром  $10^8$ – $10^9$  кл $\times$ мл $^{-1}$  (за стандартом каламутності). Контроль – стерильна водогінна вода. Розміщення і розміри клітин бактерій, забарвлення за Грамом, морфологію колоній мікроорганізмів, їхні біологічні, біохімічні та культуральні властивості вивчали за апробованими методиками (Balows 1975; Klement, Rudolph, & Sands, 1990; Патица та ін., 2017).

Для з'ясування здатності ізолятів бактерій ферментувати різні джерела вуглеводнів застосовували мінеральне середовище Омелянського. Як джерела вуглеводів використовували різні органічні сполуки, зокрема: лактозу, ксилозу, рамнозу, трегалозу, рафінозу, L-арабінозу, мальтозу, сорбітол, саліцин, сахарозу, галактозу, фруктозу, гліцерол, манітол, цитрат тощо.

Ферментативний або окислювальний спосіб засвоєння глюкози визначали за ростом мікроорганізмів на середовищі Омелянського в анаеробних умовах під шаром вазелінового масла завтовшки

1 см. Індикатор – водний розчин бромтимолу блакитного. Для виявлення протеолітичних ферментів у бактерій використовували молоко та желатин.

Назви бактерій і мікроміцетів наведено за визначниками бактерій і грибів та іншою спеціальною літературою (Патика та ін., 2017).

Розрахунки і статистичне оброблення даних здійснювали за допомогою комп'ютерних програм Microsoft Excel.

**Результати (Results). Симптоматика.** Туберкульоз *Fraxinus excelsior* є однією із найнебезпечніших хвороб, яка в Україні досягла епіфітотії, особливо на порослевих екземплярах. У сучасній науковій літературі це захворювання ототожнюють з бактеріальним раком ясена. Для раку, як одного із типів хвороб, характерне надмірне розростання деяких частин рослини внаслідок гіперплазії чи гіпертрофії, чи того й іншого одночасно, що призводить до утворення пухлин. Наразі з раком ототожнюють різні за формою виразки, важкозаживаючі чи незаживаючі рани, зокрема й неінфекційні («морозобійний рак») тощо. *Pseudomonas syringae* рв. *savastanoi* спричинює типове туберкульозне захворювання, адже туберкульоз – це пухлини з пустотами чи іншими фаутами, часто заповненими бактеріальним слизом, особливо на початкових стадіях патології. Саме такі симптоми і притаманні туберкульозу.

У літературі симптоми туберкульозу описують за кінцевим проявом патологічного процесу (Гойчук та ін., 2004). Разом з тим, різним етапам прояву хвороби притаманні певні симптоматичні відмінності, які дали змогу з певними умовностями виокремити декілька етапів (фаз) патології. На наш погляд, це дає змогу вчасно діагностувати уражене дерево на будь-яких етапах захворювання з подальшим розробленням відповідних захисних заходів.

Зараження *Fraxinus excelsior* розпочинається з 2-3-річного віку на певній висоті стовбура. Інфікування може бути як екзогенне, так і ендогенне. Первинні симптоми туберкульозу з'являються на молодих стовбурах із гладенькою (первинною) сірвато-зеленою кіркою та характеризуються незначним локальним здуттям верхнього шару клітин, появою мікротріщин і невеликих еліпсоподібних м'яких пухлин, заповнених сірою липкою бактеріальною масою без запаху.

У центрі здуття утворюється вузька, неглибока, продовгувата, пряма або звивиста тріщина. Ексудат, що виділяється через тріщини, під час підсихання формує товстий чи тонший сіру плівку, яка досить довго залишається на поверхні перидерми. Ритидом уражених дерев у місцях патологічного процесу стає темно-сірим, дрібнолускатим, поступово відмирає дрібними шматочками і відпадає. По периметру ураження луб'яна частина стовбура злегка жовтіє або червоніє. На зрізі первинної кори завжди помітна вузька кольорова звивиста смужка. З часом уражена первинна кора підсихає, стає твердішою і розтріскується, але оголення деревини зазвичай не відбувається. Місце ураження не наче заростає, але повного заростання не відбувається. Тому локальні некрози занурюються вглиб стовбура, що призводить до утворення у ньому різних за товщиною чорних, темно-коричневих смужок, більших чи менших пустот, каверн, раковин, гнилих ділянок, які у весняно-літній період іноді заповнені каламутно-сірим, липким бактеріальним ексудатом. З часом під впливом сприятливих для патогена чинників утворюються нові осередки ураження по довжині та периметру стовбура ясена. Нові осередки туберкульозу можуть з'являтися в різних місцях дерева без певної залежності та послідовності (рис. 1).



Рис. 1. Симптоматика туберкульозу *Fraxinus excelsior* на різних фазах патогенезу  
 Fig. 1. Symptoms of *Fraxinus excelsior* tuberculosis at different stages of pathogenesis

З часом утворюються типові туберкульозні формування з подальшим збільшенням їхніх розмірів як за довжиною, так і за периметром стовбура. У стовбурі під дією патогена відбувається певна його деформація. Некрози на початковій стадії хвороби, особливо на молодих деревах ясена і порослевих пагонах, дрібні, розміром від 1 до 2-3 см, але з часом розростаються, часто зливаються, утворюючи пряму або звивисту смугу відмерлої заболони, іноді до 0,5 м завдовжки і більше. Глибина розміщення різних фаутив у деревині зазвичай залежить від періоду інфікування дерева: чим раніше інфіковане дерево, тим глибше у стовбурі утворюються фаути. У міру росту дерева кількість фаутив збільшується пропорційно до нових осередків ураження.

Окрім стовбурів і гілок, збудник туберкульозу уражує і суцвіття ясена, що потенційно може загрожувати насінному відновленню цієї цінної деревної рослини. Уражені збудником туберкульозу квітки зазвичай не утворюють односім'янок, а скупчуються навколо нерозвиненої (не відкритої) верхівкової бруньки і формують дрібні (діаметром 1-2 мм) спочатку світло-рожеві, фіолетові, а згодом – темно-коричневі туберкульозні скупчення досить значних розмірів (іноді до 10 см), які нагадують грона винограду і залишаються на дереві до весни (літа) наступного року (див. рис. 1). Базуючись на аналізі фітохімічного складу галів, що формуються на суцвіттях європейських видів ясена (*Fraxinus angustifolia*, *F. excelsior* та *F. ornus*), стверджують, що причиною їхнього виникнення є комахи *Eriophyes fraxinivorus* Felt (синонім *Aceria fraxiniflora* Felt) (Korda, Csóka, Szabó, & Ripka 2019), проте наразі такі висловлювання не мають належного підтвердження (Zürn et al., 2019). Нами встановлено, що гронаподібні утворення (гали) замість типових суцвіть на деревах ясена звичайного мають бактеріальну етіологію, пов'язану з *Pseudomonas syringae* pv. *savastanoi* (Goychuk, Kulbanska, Shvets, 2020). Зокрема, уражені збудником туберкульозу суцвіття виявлено як на деревах з туберкульозною патологією, так і на зовнішньо здорових особинах, що опосередковано може свідчити про наявність *Pseudomonas syringae* pv. *savastanoi* як вітального облігата (Гвоздяк, 2005).

Кількість уражень на дереві залежить від ступеня ураження і віку дерева, але здебільшого на одному ураженому дереві можна нарахувати десятки і навіть сотні осередків туберкульозу. При цьому на одному погонному метрі стовбура може утворюватись до 60 і більше уражень. Стовбури, на яких утворюються поодинокі туберкульозні ураження, трапляються рідко. Тобто, якщо відбулося інфікування дерева збудником бактеріозу, то хвороба інтенсивно прогресує, часто уражуючи увесь стовбур і гілки. Туберкульоз ясена є хронічною хворобою.

В інфікованому дереві фаути утворюються по всій товщині стовбура на різній висоті. Іноді відбувається розрив річних кілець під дією мікро- та мікробіоти, некротичні ділянки поширюються че-

рез декілька річних кілець. За наявності раковин на повздовжньому і поперечному зрізах можна встановити, в якому віці дерево було інфіковано на конкретній ділянці стовбура (див. рис. 1). У формуванні відкритих ран (виразок) зазвичай беруть участь збудники звичайного або східчастого раку, переважно *Nectria galligena* Bres. або *Endoxylina stellulata* Rom. (анаморфа – *Libertella fraxini* Ogan.). У такому разі хвороба протікає з характерними для цих збудників симптомами (утворюються виразки). Гнилі ділянки на стовбурі ясена формуються винятково за змішаної інфекції з утворенням відкритих виразок за участю дереворуйнівних і деревозабарвлюючих грибів, зокрема з відділів *Ascomycota*, *Basidiomycota* та *Deuteromycota*.

Туберкульоз завдає більшою мірою економічних, ніж екологічних збитків. Уражені дерева старших вікових груп відмирають порівняно рідко, але внаслідок характерного патологічного процесу знецінюється деревина. Уражені стовбури відводять зазвичай у дров'яну деревину.

Найбільше уражаються збудником туберкульозу порослеві особини *Fraxinus excelsior*. Зважаючи на біологію збудника та патогенез хвороби, порослеві дерева ясена, які мають у молодому віці хоча б поодинокі, незначні ураження стовбурів чи гілок, повинні бути зрубані та утилізовані, оскільки в умовах України на наявному наразі інфекційному фоні виростити порослеві дерева ясена з високою якістю деревини до віку стиглості проблематично або й неможливо внаслідок зазначених вище причин.

Поодинокі на деревах ясена у свіжих дібровах Західного Поділля України виявлено «ash dieback» (так звана «смертельна хвороба», «периферійне відмирання», «патогенне всихання» ясена тощо), яку вважають основною в патології ясена у Східній Європі. Симптоми хвороби проявляються у будь-якому віці рослини, проте особливо чутливими до ураження є молоді рослини *Fraxinus excelsior*. Уражені дерева поступово (іноді – раптово) відмирають або відмирають лише окремі пагони крони внаслідок утворення локальних некротичних ділянок на пагонах чи стовбурі. Листки вище від місця ураження в'януть, починаючи з верхівки, а наприкінці літа чорніють (наче обпалені вогнем) і тривалий час не опадають.

**Етіологія.** Анатоми-морфологічні, культуральні та фізіолого-біохімічні дослідження, здійснені у відділі фітопатогенних бактерій ІМВ ім. Д. К. Заболотного НАН України, дали змогу встановити, що мікробіоту туберкульозної патології *Fraxinus excelsior* формують бактерії родів *Pseudomonas*, *Erwinia*, *Xanthomonas*, зокрема *Pseudomonas* sp., *P. syringae* pv. *savastanoi*, *P. fluorescens*, *P. syringae*, *P. agglomerans* (синоніми – *Enterobacter herbicola*, *E. agglomerans*, *Erwinia herbicola*), *E. horticola*, *Xanthomonas* sp., а також спороносні бактерії *Bacillus* sp., які супроводжували туберкульозну патологію *Fraxinus excelsior* на всіх її етапах. Середні значення вмісту бактерій, ізольованих із вегетативних і генеративних органів *Fraxinus excelsior*,

становили від 1 до 168 КУО. Найбільшу кількість (116, 168 КУО) бактерій отримали за ізолювання *Pseudomonas syringae* pv. *savastanoi*. Разом з тим, для бактерій, насамперед фітопатогенних, важлива не стільки їхня кількість, скільки наявність. За сприятливих для фітопатогенних бактерій умов вони можуть дуже швидко заповнити екологічну нішу до порогової концентрації, спричинюючи цим самим епіфітотії, що можна спостерігати у разі масового всихання багатьох видів як хвойних, так і листяних деревних рослин (Гвоздяк, 2005; Goychuk et al., 2020).

Єдиним надійним способом, який дає змогу відділити патогени від сапротрофів, є патогенність, тобто здатність мікроорганізму вражати живі клі-

тини. Перевірку патогенності виділених з туберкульозної патології ясена ізолятів *in vivo* проводили шляхом ін'єкції в стовбури суспензії добової культури мікроорганізмів ( $8,6-9,9^7$  КУО $\times$ мл $^{-1}$ ) та внесенням під корок чистої бактеріальної культури ( $14,1-21,2^7$  КУО $\times$ мл $^{-1}$ ), а також сумішню препарату Віктант на основі *Bacillus* sp. із колекційним штамом *Pseudomonas syringae* pv. *savastanoi* робочим розчином з титром  $1\times 10^7$  КУО $\times$ мл $^{-1}$  (рис. 2) у механічні пошкодження ділянки стовбура (надріз) попередньо простерилізованою над полум'ям спиртівки бактеріальною петлею. Контроль – стерильна водогінна вода. Під час виконання згаданих робіт враховували циркадні ритми стійкості рослин до збудників бактеріозів (Гвоздяк, 2005).

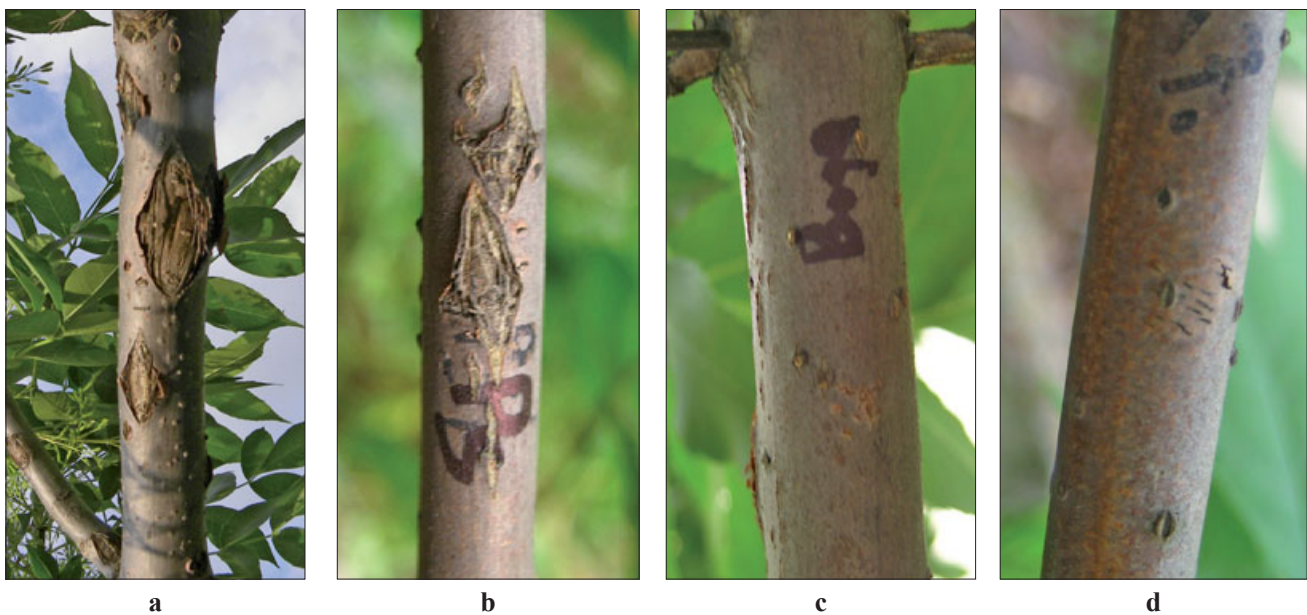


Рис. 2. Природне ураження туберкульозом (а), штучне ураження пагонів ясена звичайного штамом *Pseudomonas syringae* pv. *savastanoi* (штам Ps) (б), контроль (с) і сумішню Віктант-штам Ps (д)

Fig. 2. Natural tuberculosis lesions (a), artificial lesions of common ash shoots by the *Pseudomonas syringae* pv. *savastanoi* (strain Ps) (b), control (c) and a mixture of Victant-strain Ps (d)

Встановлення дійсного збудника хвороби суттєво ускладнюється широкою системною взаємодією мікроорганізмів з усіма живими компонентами біогеоценозу на фоні постійних змін умов довкілля, екологічною пластичністю і варіабельністю фітопатогенних бактерій. Спостереження за перебігом туберкульозної патології за штучного ураження *Pseudomonas syringae* pv. *savastanoi* продовжували впродовж року з моменту інфікування, постійно відзначаючи динаміку та прогрес цього явища. Динаміка розвитку штучного інфікування гілок ясена звичайного показує, що перші ознаки ураження проявилися у розтріскуванні кірки в місці введення бактеріальної суспензії вже на 15-й день експерименту. Ще через 10 днів деякі тріщини злилися в одну суцільну рану, відбулося збільшення її розмірів, стало помітним руйнування не лише поверхневої кірки, але й первинної кори та лубу. Через три

місяці після ураження злупився верхній шар кірки, відбулося «оголення» покривної тканин та рубцювання деяких шарів. Почалося затухання процесу розвитку зони ураження, проте навесні наступного року (9 місяців після ураження) відновився процес розвитку хвороби, і вона набула типового для туберкульозу вигляду. Внутрішні тріщини поглибилися та збільшилися у розмірах. Через рік у місцях ураження чітко проявились симптоми туберкульозу.

Цікавим є той факт, що із уражених *Pseudomonas syringae* pv. *savastanoi* дерев ясена ми ізолювали *Xanthomonas* sp. (штам K5), який виявив патогенні властивості до цієї деревної рослини. Наразі у літературі ці бактерії не відзначено як патогени для *Fraxinus excelsior* (є лише відомості про *Xanthomonas juglandis* як збудника бактеріозів *Juglans regia* L. (Pierce, 1901) Dye, 1978 (Гвоздяк, 2005). Водночас,

чутливість *Fraxinus excelsior* до *Xanthomonas* sp. за штучного зараження свідчить, з одного боку, про розширення спеціалізації, а з іншого – про недостатнє вивчення бактеріальної патології лісових деревних рослин. Наразі *Xanthomonas* sp. ізолювано з багатьох сільськогосподарських рослин, де вона спричинює численні типи хвороб – від некрозів до опіків (Патика та ін., 2017).

Загалом очікуваною була чутливість ясеня до *Erwinia horticola* (штам K8), яку ми ізолювали з кірки уражених туберкульозом дерев. Цей вид бактерій вперше було ізолювано з *Fagus sylvatica* у 1972 р., де він спричинив досить шкодочинне захворювання, відоме як «чорний бактеріоз» деревних рослин (Гвоздяк, 2005). Зазначимо, що ця хвороба за симптомами нагадує «смертельну хворобу» ясеня (наразі цю хворобу, як ми вже зазначали, пов'язують з мікроміцетами, зокрема з *Chalara fraxinea*).

Аналізуючи мікобіоту уражених туберкульозною патологією гілок *Fraxinus excelsior* у регіоні досліджень, всього (враховуючи ідентифіковані тільки до рівня роду *Fusarium* sp. і *Phoma* sp.) виділено 7 родів і 10 видів міксоміцетів, зокрема, на різних стадіях туберкульозної патології ясеня ізолювано *Acremonium strictum*, *Cladosporium cladosporioides*, *Cylindrocarpon didymum*, *Fusarium* sp., *Fraxinus sporotrichiella*, *Fraxinus heterosporum*, *Phoma* sp., *Ulocladium botrytis* тощо. Зазвичай зразки уражених тканин мали змішану інфекцію, яку розглядаємо як частину супутньої мікобіоти, проте не як причину масового відмирання дерев ясеня в регіоні дослідження.

З патології ясеня, аналогічної типовим симптомам «ash dieback», ми ізолювали анаморфні мікроміцети, зокрема *Fusarium* sp. та бактерії *Pseudomonas syringae* pv. *savastanoi*, *Erwinia*

*horticola* і *Xanthomonas* sp. Штучне інфікування органів ясеня мікроміцетами не призвело до виникнення симптомів, подібних до «ash dieback», а інфікування *Pseudomonas syringae* pv. *savastanoi* спричиняли патологічні процеси, аналогічні туберкульозу. Отже, усі відомі наразі збудники некрозних хвороб лісових деревних рослин беруть безпосередню участь і пришвидшують відмирання деревних рослин та органів, зокрема пагонів, на пізніших стадіях патології і є зазвичай вторинними, хоча і не менш шкодочинними факторами.

**Патогенез.** За результатами досліджень встановлено пряму залежність поширеності туберкульозу *Fraxinus excelsior* від його частки у насадженнях різних вікових груп. Зі зменшенням частки ясеня у складі деревостану відбувається зниження кількості дерев, уражених *Pseudomonas syringae* pv. *savastanoi*.

Так, у чистих ясеневих деревостанах свіжих дібров поширеність туберкульозу була найбільшою для всіх вікових груп: молодняки – 79,3%, середньовікові – 47,8%, пристигаючі деревостани – 42,3%. У молодняках, середньовікових і пристигаючих насадженнях із 6-9 одиницями *Fraxinus excelsior* у складі середньозважена поширеність хвороби становила відповідно 41,6; 33,6 і 30,7%, що в 1,4-2 рази менше, ніж у чистих деревостанах. За частки ясеня в насадженні у межах 3–5 одиниць поширеність хвороби у молодняках, середньовікових і пристигаючих насадженнях становила 24,2; 20,5 та 15,8% відповідно. При цьому у молодняках, середньовікових і пристигаючих насадженнях з часткою *Fraxinus excelsior* 30% у складі виявлено 17,6, 14,8 і 9,7% уражених збудником туберкульозу дерев відповідно, що в 4,5, 3,2 і в 4,3 рази менше, ніж у чистих деревостанах відповідних вікових груп (рис. 3).

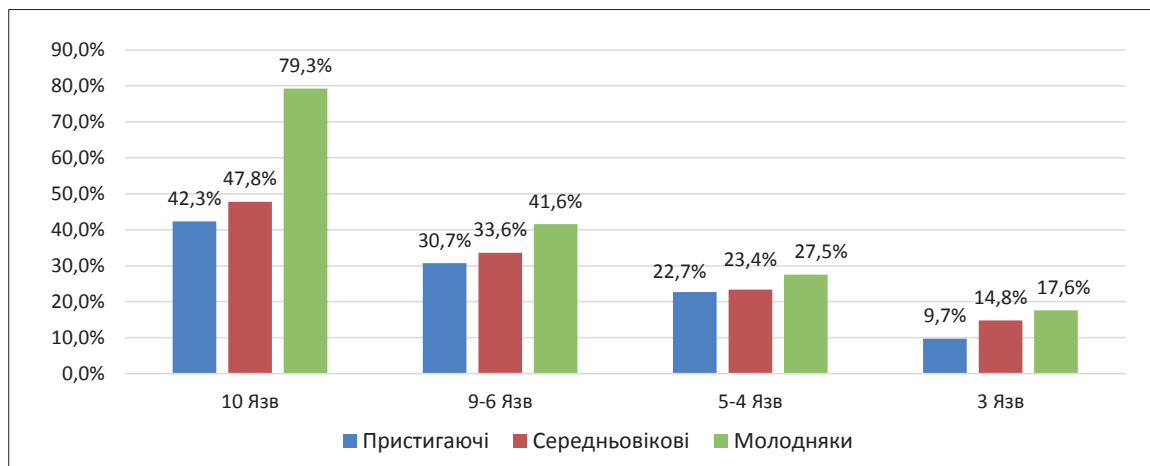


Рис. 3. Поширення туберкульозу в насадженнях різного віку залежно від частки *Fraxinus excelsior* у складі деревостану

Fig. 3. The spread of tuberculosis in stands of different ages depending on the share of *Fraxinus excelsior* in the stand

Отримані дані вказують на те, що частка ясеня звичайного у насадженнях у межах центичного оптимуму (25-30%) впродовж усього періоду вирощування деревостанів є одним із вагомих чинників

індукції демуаційних процесів у лісові біоценози та сприяє формуванню високопродуктивних, біотично стійких дубово-ясеневих насаджень як з погляду активізації метаболічних процесів, так і з погляду

підвищення стійкості дерев до збудників інфекційних хвороб, зокрема до туберкульозу. Щодо зменшення поширеності хвороби у насадженнях старших вікових груп (середньовікових, пристигаючих) порівняно з молодняками, то цей аспект, зазвичай, пов'язаний безпосередньо із господарською діяльністю. Окрім того, певна кількість уражених дерев (у молодняках – більша, у середньовікових і пристигаючих – менша) відмирає природним шляхом.

За результатами досліджень встановлено, що поширення туберкульозної патології залежить від низки чинників, насамперед – від повноти, віку, складу та походження деревостану. Так, найсильніші ураження ясена туберкульозом спостережено за

високої повноти деревостану, у насадженнях молодого віку, за максимальної участі породи у складі та у насадженнях паростевого походження (рис. 4).

Для паростевих насаджень ясена характерна знижена стійкість до збудника туберкульозу. Як у регіоні досліджень, так і загалом в ареалі *Fraxinus excelsior*, туберкульоз досяг епіфітотії на паростевих рослинах, особливо молодого віку (за значного поширення і розвитку туберкульозу такі рослини зазвичай відмирають). З урахуванням патогенезу *Pseudomonas syringae* pv. *savastanoi* виділено три категорії ураження стовбура: суцільне, локальне та поодинокі (осередкове або плямисте) (Kulbanska, & Goychuk, 2015).

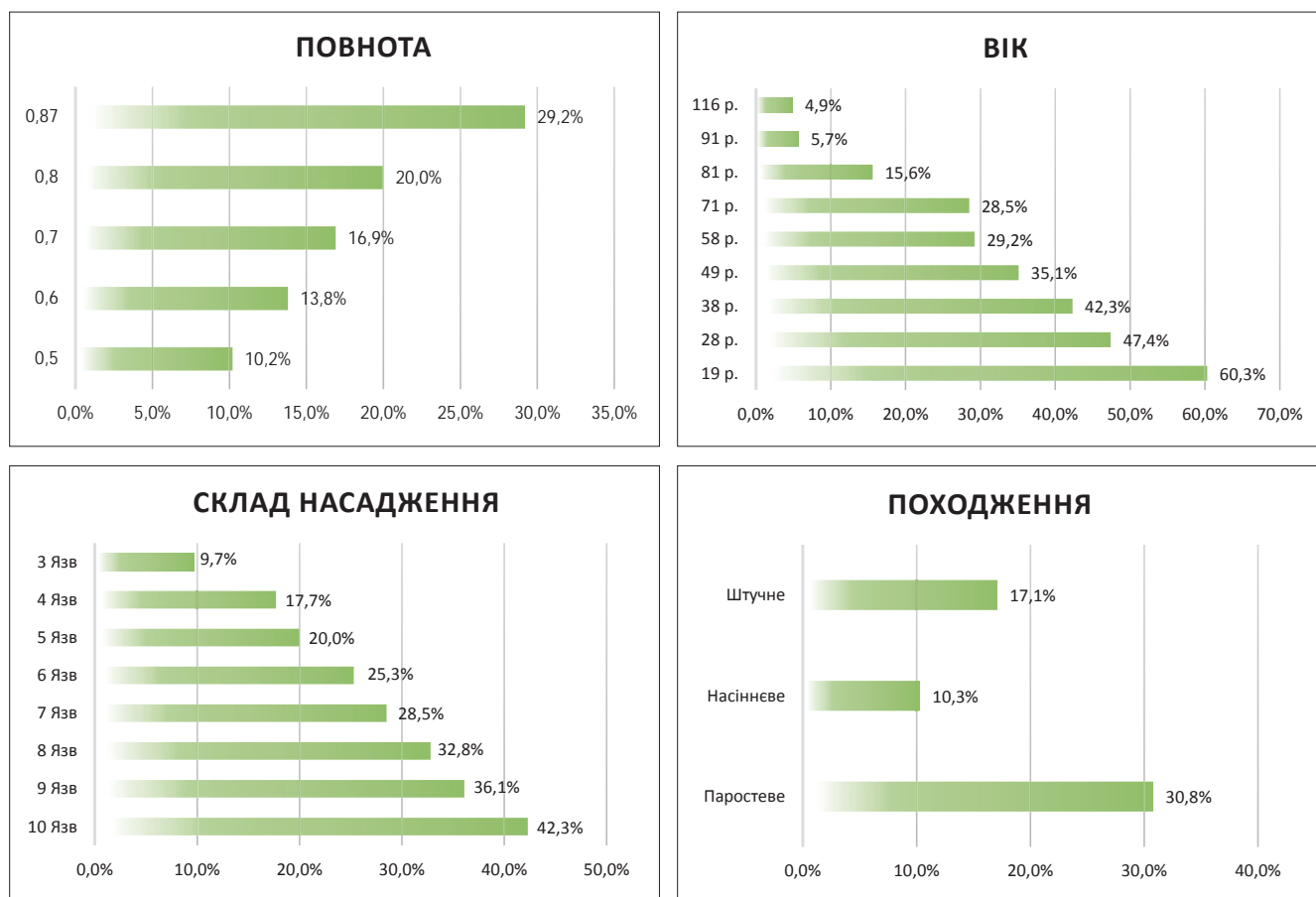


Рис. 4. Поширення туберкульозної патології *Fraxinus excelsior* залежно від повноти, віку, участі у складі та походження деревостану

Fig. 4. The spread of tuberculous pathology of *Fraxinus excelsior*, depending on the density, age, composition and origin of the stand

Зменшення кількості уражених дерев *Fraxinus excelsior* з віком (у 2-5 (7)-річних деревостанах виявлено 80,7% інфікованих туберкульозом рослин, у 15-20-річних – 67,6%, у 30-35-річних – 50,5%, у 45-50-річних – 28,1%, у 60-70-річному віці – у межах 20%) пов'язуємо з наведеними вище чинниками.

Проте йдеться не про затухання патологічного процесу з віком (адже уражена *Pseudomonas syringae* pv. *savastanoi* рослина самостійно не звільняється

від інфекції), а про відмирання (нехай і незначне) деяких екземплярів та про видалення хворих дерев під час доглядових рубок. Варто зазначити, що уражені рослини у будь-якому віці мають приховані фаути у деревині (почорніння, тріщини, гнилі ділянки зі значним поширенням вздовж стовбура), що її суттєво знецінює.

**Дискусія (Discussion).** Наразі деградація та масове всихання ясеневих насаджень досягла глобального рівня і відзначена практично по всьому ареалу

багатьох видів ясена, зокрема і *Fraxinus excelsior*. З різних місць планети надходять звістки про подібну та відмінну симптоматику патології. На основі досліджень висунуто низку можливих її причин.

В етіології погіршення санітарного стану дерев роду *Fraxinus* переважає мікозна точка зору. Зокрема, збудником «ash dieback», яку вважають основною в патології ясена, названо анаморфний гриб *Chalara fraxinea* (Kowalski, & Holdenrieder, 2009). У 2009 р. було виявлено, що це – нестатеві стадія нового для Європи телеоморфного виду *Hymenosyphus pseudoalbidus* Queloz et al. (Gross et al., 2014). Нещодавно уточнено назву виду гриба – *Hymenoscyphus fraxineus* Baral et al. та здійснено низку глибоких генетичних досліджень геномів *H. pseudoalbidus* та *H. albidus* молекулярними методами (Harper et al., 2016; Gil et al., 2017; Zhao et al., 2020; Díaz-Yáñez et al., 2020). Варто відзначити, що у свіжих дібровах Західного Поділля ми виявили типові симптоми захворювання, відомого як «ash dieback» («смертельна хвороба» ясена, «периферійне відмирання», «патогенне всихання ясена»). При цьому, із патології типу «ash dieback» виділено декілька видів анаморфних грибів і бактерій, зокрема *Pseudomonas syringae* pv. *savastanoi*, *Erwinia horticola* та *Xanthomonas* sp., проте *Hymenoscyphus pseudoalbidus* не був ізольований (Kulbanska, & Goychuk, 2015). Відомо також про роль базидіальних грибів з роду *Armillaria*, зокрема *Armillaria cepistipes*, у явищі випадання дерев ясена звичайного внаслідок ураження кореневої системи (Lygis, Vasiliauskas, Larsson, & Stenlid, 2005; Chandelier et al., 2016). Безумовно, проте не визначальною, є роль інших видів грибних організмів, зокрема *Alternaria* sp., *Epicoccum* sp., *Phytophthora* sp., у всиханні та відмиранні дерев роду *Fraxinus* (Przybył, 2002).

Незважаючи на порівняно невелике різноманіття фітопатогенних бактерій (роди *Pseudomonas*, *Xanthomonas*, *Erwinia*, *Agrobacterium*, *Brenneria*, *Xylella*, *Rhizobium*, *Azotobacter*, *Corynebacterium*, *Bacillus*, *Clostridium*, *Enterobacter*), вони відіграють помітну роль у патологічних процесах лісових деревних рослин, зокрема і ясена звичайного (Черпаков, 2012). Серед інфекційних захворювань пагонів, суцвіть і стовбурів *Fraxinus excelsior* найпоширенішою і найшкодочиннішою є саме хвороба бактеріального походження – туберкульоз, збудником якого є фітопатогенна бактерія *Pseudomonas syringae* pv. *savastanoi* (Iacobellis, Caponero, & Evidente, 1998; Черпаков, 2012; Ramos et al., 2012; Suresh, Borkar, & Yumlembam, 2016). Постійно здійснюються дослідження, що дають змогу досконаліше вивчити вірулентність та агресивність збудника. Так, в Італії виділено та охарактеризовано мутанти *Pseudomonas syringae* за різним проявом патогенності і реакції надчутливості (Ogris et al., 2009). В Японії штами *Pseudomonas syringae* поділено на п'ять груп шляхом порівняння гомології ДНК (Zhao et al., 2012). Наразі агресивність збудника пов'язують з утво-

ренням ним фітогормонів індолілоцтової кислоти і цитокінінів (Husson et al., 2011). Здійснюють дослідження мікробно-рослинних взаємовідносин, зокрема в частині індукції демураційних процесів у фітоценозі і підвищення імунного захисту рослин (Schlegel, Dubach, Vuol, & Sieber, 2016).

Інвазійні види комах, зокрема йдеться про ясеневу смарагдову вузькотілу златку (*Agrilus planipennis* F.), становлять небезпеку для листяних деревних видів, особливо для *Fraxinus excelsior*, адже здатні атакувати та призводити до стрімкого відмирання абсолютно здорових дерев (Chen, Ulyshen, & Poland, 2012; Siegert, Secord, & McCullough, 2014; Poland et al., 2015; Macquarrie, & Scharbach, 2015). Низка авторів стверджують, що причиною виникнення нетипових скупчень (галів, наростів, новоутворень) є комахи *Eriophyes fraxinivorus* Felt (синонім *Aceria fraxiniflora* Felt) (Korda et al., 2019). Автори проаналізували фітохімічний склад галів, що формуються на суцвіттах європейських видів ясена (*F. angustifolia*, *F. excelsior* та *F. ornus*). Проте причини виникнення цього явища не підтверджено (Zürn et al., 2019). Базуючись на результатах наших досліджень, формування гроноподібних новоутворень замість типових суцвіть на деревах *Fraxinus excelsior* пов'язано винятково з бактеріальною етіологією, зокрема зі збудником туберкульозу ясена – *Pseudomonas syringae* pv. *savastanoi*, і є однією із фаз (етапів) перебігу патогенезу (Goychuk et al., 2020).

Шкодочинну дію на дерева роду *Fraxinus* мають фітопаразитичні нематоди, які найчастіше відзначено на деревах *Fraxinus americana* – *Meloidogyne* sp., *Aphelenchoides* sp., *Criconema* sp., *Criconemoides* sp., *C. beljaevae*, *C. macrodorum*, *Ditylenchus* sp., *Gracilacus audriellus*, *Helicotylenchus* sp., *H. playturus*, *Hemicycliophora* sp., *H. gigas*, *Hoplolaimus* sp., *Longidorus* sp., *L. elongatus*, *Meloidogyne* sp., *M. ovalis*, sp': *Paratylenchus* sp., *Pratylenchus* sp., *P. crenatus*, *Rotylenchus* sp., *Trichodorus* sp., *T. aequalis*, *Tylenchorhynchus* sp., *Xiphinema* sp., *X. americanum*, *X. Chambersi*; на деревах *Fraxinus excelsior* – *Helicotylenchus paxilli*, *H. varicaudatus*, *Pratylenchus penetrans*; на деревах *Fraxinus mandschurica* – *Meloidogyne* sp.; на деревах *Fraxinus nigra* – *Meloidogyne* sp.; на деревах *Fraxinus pensylvanica* – *Criconemoides curvatum*, *Xiphinema americanum*; на деревах *Fraxinus syriaca* – *Meloidogyne javanica*; на деревах *Fraxinus velutina* – *Meloidogyne* sp. (Ruehle, 1967). Сучасні дослідження нематодного комплексу дерев ясена свідчать про особливу небезпеку з боку виду *Bursaphelenchus crenati* (Ryss, & Polyana, 2018).

Окреме місце у патологічному процесі всихання *Fraxinus excelsior* варто віддати фітоплазмам, як найменш дослідженим фітопатогенам (Bricker, & Stutz, 2004).

Періодично у науковій літературі з'являються повідомлення про вірусне походження патогене-



зу ясена звичайного. При цьому на сьогодні світовій науковій спільноті відома лише мозаїчна хвороба дерев роду *Fraxinus*, збудником якої є *Tobacco mosaic virus* (TMV) (Jinguang et al., 2004).

Отже, патологія *Fraxinus excelsior* пов'язана з різними чинниками – мікроміцетами (Przybył, 2002; Lygis et al., 2005; Kowalski, & Holdenrieder, 2009; Davydenko et al., 2013; Gross et al., 2014; Kulbanska, & Goychuk, 2015; Chandelier et al., 2016; Harper et al., 2016; Gil et al., 2017; Díaz-Yáñez et al., 2020), бактеріями (Черпаков, 2012; Schlegel et al., 2016; Goychuk et al., 2020), нематодами (Ruehle, 1967; Ryss, & Polyanina, 2018), мікоплазмами (Bricker, & Stutz, 2004), шкодочинною ентомофауною (Chen et al., 2012; Siegert et al., 2014; Poland et al., 2015; Macquarrie, & Scharbach, 2015; Korda et al., 2019), а також несприятливими кліматичними (сिनоптичними) і ґрунтово-гідрологічними чинниками (Matisons et al., 2012; Goberville et al., 2016), що вказує на те, що патологія *Fraxinus excelsior* – явище багатогранне, в якому системно взаємопов'язані процеси інфекційного та неінфекційного характеру, що суттєво ускладнює діагностику її першопричин.

Наразі в Україні склалася непроста ситуація з фітосанітарним станом *Fraxinus excelsior*, яка потребує нагального вирішення (Kulbanska, & Goychuk, 2015; Goychuk et al., 2020). Характерною рисою у цьому разі є послідовне географічне погіршення стану деревних насаджень, що перебувають у підпорядкуванні Державного агентства лісових ресурсів України, а також дерев ясена в лісопарках, парках, у насадженнях населених пунктів. Візуальний прояв наслідків патології системно взаємопов'язаний з гідротермічними показниками поточного року, фізіологічним станом дерев і наявністю комах-фітофагів.

Особливе занепокоєння викликає туберкульоз ясена (збудник – *Pseudomonas syringae* pv. *savastanoi*), що системно уражує стовбури, пагони, суцвіття (Гойчук та ін., 2004; Kulbanska, & Goychuk, 2015; Goychuk et al., 2020). Зокрема, під дією патогена в уражених рослинах утворюються численні раковини, порожнечі, каверни, гнилі ділянки і т. ін., що не тільки погіршує фізіологічні процеси дерев і знецінює деревину, але й суттєво загрожує насінному поновленню цієї цінної деревної породи через ураження генеративних органів.

**Висновки (Conclusions).** Сучасний фітосанітарний стан *Fraxinus excelsior* у лісах України пов'язаний з комплексом несприятливих абіотичних та біотичних чинників в їх системній взаємодії.

Під час дослідження симптоматики та особливостей патогенезу туберкульозу *Fraxinus excelsior* виділено п'ять етапів (фаз) захворювання і три категорії ураження стовбура, що дає змогу вчасно розпізнати уражене дерево для кожної вікової групи насаджень.

Мікробіота інфікованих пагонів, листків і бруньок всихаючих насаджень *Fraxinus excelsior* представлена комплексом патогенних видів родів

*Pseudomonas* sp., *Erwinia* sp., *Xanthomonas* sp., які дисперсно локалізуються на ураженій ділянці. Найпоширенішою і найшкодочиннішою компонентою патогенної мікрофлори є збудник туберкульозу ясена, який за анатомо-морфологічними і фізіолого-біохімічними характеристиками ідентифікований нами як *Pseudomonas syringae* pv. *savastanoi*. Під час штучного ураження ясена звичайного *P. syringae* pv. *savastanoi* виявила високі патогенні властивості на різних органах деревного виду та індикаторних рослинах. Листки *Fraxinus excelsior* не чутливі до збудника.

Із уражень ясена ізольовано 10 видів мікроміцетів, які належать до анаморфних грибів. Найвищий коефіцієнт заселення (57,1%) характерний для *Ulocladium botrytis*, найнижчий (14,3%) – для *Acremonium strictum*, *Cylindrocarpon didymum*, *Fusarium sporotrichiella*, *Fraxinus heterosporum*.

Встановлено пряму залежність поширення туберкульозу від частки ясена у складі насаджень різних вікових груп. У регіоні досліджень туберкульоз досягає епіфітотії на паростевих деревах *Fraxinus excelsior*, особливо молодого віку.

Для профілактики та задля зниження загального інфекційного фону необхідно здійснювати систематичний моніторинг у насадженнях за участю *Fraxinus excelsior*, дотримуватись ценотичного оптимуму ясена у складі деревостанів, не допускати куртинного загущення, видаляти й утилізувати молоді паростеві дерева, уражені *Pseudomonas syringae* pv. *savastanoi*, та створювати сприятливі умови для росту і розвитку цього цінного деревного виду. Перспективним напрямом є використання біопрепаратів на базі *Bacillus* sp. та інших мікроорганізмів з наявними антагоністичними властивостями до фітопатогенів.

**Подяки (Acknowledgments).** Автор висловлює щирі подяки співробітникам відділу фітопатогенних бактерій Інституту мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України за сприяння у виконанні наукових експериментальних досліджень, а також рецензентам за зроблені зауваження та побажання, які покращили зміст цієї роботи.

## Список літератури (References)

- Гвоздяк, Р.І. (2005). Перспективні напрями дослідження фітопатогенних бактерій. *Фітопатогенні бактерії. Фітонцидологія. Алелопатія*: матеріали Міжнародної наукової конференції (Київ, 4-6 жовтня 2005 р.), с. 3-8. Житомир, Україна: Вид-во Державного аграрного університету [Gvozdyak, R. I. (2005). Perspective directions of research of phytopathogenic bacteria. In Proceedings of the International Scientific Conference *Phytopathogenic bacteria. Phytoncidology. Allelopathy*, 3-8. Zytomyr, Ukraine: State Agrarian University Publishing House] (in Ukrainian)

- Гойчук, А. Ф., Гордієнко, М. І., Гордієнко, Н. М., Макачук, Я. І., & Гойчук, Д. А. (2004). *Патологія дібров*. Київ: Либідь. 470 с. [Goychuk, A. F., Gordienko, M. I., Gordienko, N. M., Makarchuk Ya. I., & Goychuk, D. A. (2004). *Pathology of oak forests*. Kyiv: Lybid] (in Ukrainian)
- Патика, В. П., Пасічник, Л. А., Гвоздяк, Р. І., Петриченко, В. Ф., Корнійчук, О. В., Калініченко, А. В., ... Томашук, О. В. (2017). *Фітопатогенні бактерії. Методи дослідження*. Вінниця: Віндрук. 432 с. [Patyka, V. P., Pasichnyk, L. A., Hvozdyak, R. I., Petrychenko, V. F., Korniychuk, O. V., Kalinichenko A. V., ... Tomashuk, O. V. (2017). *Phytopathogenic bacteria. Research methods*. Vinnytsia: Windruck] (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)
- Черпаков, В. В. (2012). Бактериальные болезни лесных пород в патологии леса. *Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии*, 200, 292-303. [Cherpakov, V. V. (2012). Bacterial diseases of forest species in forest pathology. *Proceedings of the St. Petersburg Forestry Academy*, 200, 292-303. Retrieved from <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20539875>] (in Russian)
- Balows, A. (1975). Bergey's Manual of Determinative Bacteriology. Eighth Edition. *American Journal of Public Health*, 65 (3), 315
- Bricker, J. S., & Stutz, J. (2004). Phytoplasmas associated with ash decline. *Journal of Arboriculture*, 30 (3), 193-199. Retrieved from <https://asu.pure.elsevier.com/en/publications/phytoplasmas-associated-with-ash-decline>
- Chandelier, A., Delhayе, N., & Helson, M. (2011). First Report of the Ash Dieback Pathogen *Hymenoscyphus pseudoalbidus* (Anamorph *Chalara fraxinea*) on *Fraxinus excelsior* in Belgium. *Plant Disease*, 95 (2), 220. <https://doi.org/10.1094/PDIS-07-10-0540>
- Chandelier, A., Gerarts, F., Martin, G. S., Herman, M., & Delahaye, L. (2016). Temporal evolution of collar lesions associated with ash dieback and the occurrence of *Armillaria* in Belgian forests. *Forest Pathology*, 46 (4), 289-297. <https://doi.org/10.1111/efp.12258>
- Chen, Y., Ulyshen, M. D., & Poland, T. M. (2012). Differential utilization of ash phloem by emerald ash borer larvae: Ash species and larval stage effects. *Agricultural and Forest Entomology*, 14 (3), 324-330. <https://doi.org/10.1111/j.1461-9563.2012.00572.x>
- COST (2011). European cooperation in science and technology. Fraxinus dieback in Europe: elaborating guidelines and strategies for sustainable management (FRAXBACK), on-line version, URL:[http://www.cost.eu/COST\\_Actions/fps/FP1103](http://www.cost.eu/COST_Actions/fps/FP1103)
- 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, 462-467. <https://doi.org/10.1111/efp.12055>
- Díaz-Yáñez, O., Mola-Yudego, B., Timmermann, V., Tollefsrud, M. M., Hietala, A. M., & Oliva, J. (2020). The invasive forest pathogen *Hymenoscyphus fraxineus* boosts mortality and triggers niche replacement of European ash (*Fraxinus excelsior*). *Scientific Reports*, 10 (1), 5310. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-61990-4>
- Gil, W., Kowalski, T., Kraj, W., Zachara, T., Łukasiewicz, J., Paluch, R., Novakovska, Ju. A., & Oszaiko, T. (2017). Ash dieback in Poland – History of the phenomenon and possibilities of its limitation. In R. Vasaitis, & R. Enderle (Eds.), *Dieback of European ash (Fraxinus spp.) – Consequences and Guidelines for Sustainable Management* (pp. 176-184). Uppsala, Sweden: Swedish University of Agricultural Sciences. Retrieved from [https://www.researchgate.net/publication/313368936\\_Ash\\_dieback\\_in\\_Poland\\_-\\_history\\_of\\_the\\_phenomenon\\_and\\_possibilities\\_of\\_its\\_limitation](https://www.researchgate.net/publication/313368936_Ash_dieback_in_Poland_-_history_of_the_phenomenon_and_possibilities_of_its_limitation)
- 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. <https://doi.org/10.1038/srep35303>
- Goychuk, A. F., Drozda, V. F., Shvets, M. V., & Kulbanska, I. (2020). Bacterial wetwood of silver birch (*Betula pendula* Roth.): Symptomology, etiology and pathogenesis. *Folia Forestalia Polonica*, 62 (3), 145-159. <https://doi.org/10.2478/ffp-2020-0015>
- Goychuk, A. F., Kulbanska, I. M., & Shvets, M. V. (2020). Bacteria associated with *Pseudomonas syringae* pv. *savastanoi* in the pathology of *Fraxinus excelsior* L.. *Microbiological Journal*, 82 (3), 22-34. <https://doi.org/10.15407/microbiolj82.03.022>
- Gross, A., Holdenrieder, O., Pautasso, M., Queloz, V., & Sieber, T. N. (2014). *Hymenoscyphus pseudoalbidus*, the causal agent of European ash dieback. *Molecular Plant Pathology*, 15 (1), 5-21. <https://doi.org/10.1111/mpp.12073>
- Halmschlager, E., & Kirisits, T. (2008). First report of the ash dieback pathogen *Chalara fraxinea* on *Fraxinus excelsior* in Austria. *Plant Pathology*, 57 (6), 1177-1177. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2008.01924.x>
- Harper, A., Mckinney, L., Nielsen, L., Havlickova, L., Li, Y., Trick, M., ... Bancroft, I. (2016). Molecular markers for tolerance of European ash (*Fraxinus excelsior*) to dieback disease identified using Associative Transcriptomics. *Scientific Reports*, 6, 19335. <https://doi.org/10.1038/srep19335>
- Husson, C., Scala, B., Caël, O., Frey, P., FEAU, N., Ioos, R., & Marçais, B. (2011). *Chalara fraxinea* is an invasive pathogen in France. *European Journal of Plant Pathology*, 130 (3), 311-324. <https://doi.org/10.1007/s10658-011-9755-9>

- Iacobellis, N.S., Caponero, A., & Evidente, A. (1998). Characterization of *Pseudomonas syringae* ssp. *Savastanoi* strains isolated from ash. *Plant Pathology*, 47 (1), 73-83. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3059.1998.00202.x>
- Jankovský, L., & Holdenrieder, O. (2009). *Chalara fraxinea* – ash dieback in the Czech Republic. *Plant Protection Science*, 45 (2), 74-78. <https://doi.org/10.17221/45/2008-PPS>
- Jinguang, H., Guozhong, T., Zaifeng, F., & Huaifang, L. (2004). Detection of tobacco mosaic virus from *Fraxinus chinensis* by RT-PCR. *Journal of Laiyang Agricultural College*, 21 (1), 34-36
- Klement, Z., Rudolph, K., & Sands, D.C. (1990). *Methods in phytobacteriology*. Budapest : Akadémiai Kiadó
- Korda, M., Csóka, G., Szabó, Á., & Ripka, G. (2019). First occurrence and description of *Aceria fraxiniflora* (Felt, 1906) Acariformes: Eriophyoidea) from Europe. *Zootaxa*, 4568 (2), 293-306. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4568.2.5>
- Kowalski, T., & Holdenrieder, O. (2009). Pathogenicity of *Chalara fraxinea*. *Forest Pathology*, 39 (1), 1-7. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0329.2008.00565.x>
- Kowalski, T., & Holdenrieder, O. (2009). The teleomorph of *Chalara fraxinea*, the causal agent of ash dieback. *Forest Pathology*, 39, 304-308. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0329.2008.00589.x>
- Kulbanska, I.N., & Goychuk, A.F. (2015). Pathogenic Myco- and Microflora of *Fraxinus excelsior* in Podolya Ukraine. *Mikrobiolohichnyi Zhurnal*, 77, 62-69. <https://doi.org/10.15407/microbiolj77.05.062>
- Langer, G. (2017). Collar rots in forests of Northwest Germany affected by ash dieback. *Baltic Forestry*, 23 (1), 4-19. Retrieved from [https://www.nw-fva.de/fileadmin/nwfv/publikationen/pdf/langer\\_collar\\_rotts\\_in\\_forests.pdf](https://www.nw-fva.de/fileadmin/nwfv/publikationen/pdf/langer_collar_rotts_in_forests.pdf)
- Lygis, V., Vasiliauskas, R., Larsson, K.-H., & Stenlid, J. (2005). Wood-inhabiting fungi in stems of *Fraxinus excelsior* in declining ash stands of northern Lithuania, with particular reference to *Armillaria cepistipes*. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 20 (4), 337-346. <https://doi.org/10.1080/02827580510036238>
- Macquarrie, C.J.K., & Scharbach, R. (2015). Influence of Mortality Factors and Host Resistance on the Population Dynamics of Emerald Ash Borer (Coleoptera: Buprestidae) in Urban Forests. *Environmental Entomology*, 44 (1), 160-173. <https://doi.org/10.1093/ee/nvu011>
- Matisone, I., Matisons, R., Laiviņš, M., & Gaitnieks, T. (2018). Statistics of ash dieback in Latvia. *Silva Fennica*, 52 (1). <https://doi.org/10.14214/sf.9901>
- Matisons, R., Elferts, D., & Brūmelis, G. (2012). Changes in climatic signals of English oak tree-ring width and cross-section area of earlywood vessels in Latvia during the period 1900–2009. *Forest Ecology and Management*, 279, 34-44. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.05.029>
- Ogris, N., Hauptman, T., Jurc, D., Floreancig, V., Marsich, F., & Montecchio, L. (2009). First Report of *Chalara fraxinea* on Common Ash in Italy. *Plant Disease*, 94 (1), 133-133. <https://doi.org/10.1094/PDIS-94-1-0133A>
- Poland, T.M., Chen, Y., Koch, J., & Pureswaran, D. (2015). Review of the emerald ash borer (Coleoptera: Buprestidae), life history, mating behaviours, host plant selection, and host resistance. *The Canadian Entomologist*, 147 (3), 252-262. <https://doi.org/10.4039/tce.2015.4>
- Przybył, K. (2002). Fungi associated with necrotic apical parts of *Fraxinus excelsior* shoots. *Forest Pathology*, 32, 387-394. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0329.2002.00301.x>
- Ramos, C., Matas, I.M., Bardaji, L., Aragón, I.M., & Murillo, J. (2012). *Pseudomonas savastanoi* pv. *savastanoi*: Some like it knot. *Molecular Plant Pathology*, 13 (9), 998-1009. <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2012.00816.x>
- Ruehle, J.L. (1967). *Distribution of plant-parasitic nematodes associated with forest trees of the world*. Plant Nematologist Forestry Sciences Laboratory Athens, Georgia. 156 p. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.149734>
- Ryss, A.Y., & Polyanina, K.S. (2018). Characterization of Juvenile Stages of *Bursaphelenchus crenati* Rühm, 1956 (Nematoda: Aphelenchoidoidea). *Journal of Nematology*, 50 (4), 459-472. <https://doi.org/10.21307/jofnem-2018-042>
- Schlegel, M., Dubach, V., Buol, L., & Sieber, T. (2016). Effects of endophytic fungi on the ash dieback pathogen. *FEMS Microbiology Ecology*, 92, fiw142. <https://doi.org/10.1093/femsec/fiw142>
- Siegert, N.W., Secord, T., & McCullough, D.G. (2014). Submersion as a tactic to prevent emergence of emerald ash borer *Agrilus planipennis* from black ash logs. *Agricultural and Forest Entomology*, 16 (3), 321-325. <https://doi.org/10.1111/afe.12057>
- Suresh, G. Borkar, & Yumlembam R.A. (2016). *Bacterial Diseases of Crop Plants* (1st ed.). CRC Press. 616 p. <https://doi.org/10.1201/9781315367972>
- Talgø, V., Sletten, A., Brurberg, M.B., Solheim, H., & Stensvand, A. (2009). *Chalara fraxinea* Isolated from Diseased Ash in Norway. *Plant Disease*, 93 (5), 548. <https://doi.org/10.1094/PDIS-93-5-0548A>
- Zhao, Y.-J., Hosoya, T., Baral, H.-O., Hosaka, K., & Kakishima, M. (2012). *Hymenoscyphus pseudoalbicus*, the correct name for *Lambertella albida* reported from Japan. *Mycotaxon*, 122, 25-41. <https://doi.org/10.5248/122.25>
- Zürn, M., Tóth, G., Kraszni, M., Sólyomváry, A., Mucsi, Z., Deme, R., ... Boldizsár, I. (2019). Galls of European *Fraxinus* trees as new and abundant sources of valuable phenylethanoid and coumarin glycosides. *Industrial Crops and Products*, 139, 111517. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111517>

**Symptoms, prevalence and harmfulness  
of *Fraxinus excelsior* L. tuberculosis  
(pathogen – *Pseudomonas syringae* pv.  
*savastanoi* (Smith 1908) Young et al.)**

I. Kulbanska<sup>1</sup>

It should be noted that in recent years there has been observed a epiphytic dieback of many species of forest woody plants in Ukraine as well as in other countries, which is of dynamic nature and tends to grow. In the deep pathology of this phenomenon, phytopathogenic bacteria, which have a high reproductive energy and are able to penetrate into the plant from the outside and to cause a pathological process, are left out of consideration.

It is found that the most common and harmful disease of common (European) ash is tuberculosis. The infection of common ash begins at an age of 2-3 years at the corresponding height of the trunk. Infection can be both exogenous and endogenous. The primary symptoms of tuberculosis (the so-called “scab”) appear on young trunks with a smooth (primary) grayish-green bark and are characterized by slight local swelling of the upper layer of cells, the appearance of microcracks, and small elliptical soft tumors filled with an odorless gray sticky bacterial mass. Tuberculosis causes more economic than environmental damage. Affected trees of older age groups die off relatively rarely, but as a result of a characteristic pathological process, wood is gets devalued. Affected trunks are usually cut down for firewood.

Anatomical, morphological, cultural and physiological-biochemical studies were carried out at the Department of Phytopathogenic Bacteria, the D. K. Zabolotny Institute of Microbiology and Virology of the National Academy of Sciences of Ukraine. The bacteria *Pseudomonas* sp., *P. fluorescens*, *P. syringae*, *Erwinia herbicola*, *E. horticola*, *Xanthomonas* sp. and micromycetes *Cladosporium cladosporioides*,

*Ulocladium botrytis*, *Mycelia sterilia* (dark), *Mycelia sterilia* (orange), *Fusarium* sp., *Acremonium strictum*, *Cylindrocarpon didymum* etc. were isolated from tuberculosis pathology as an accompanying myco- and microbiota. It is shown that *Xanthomonas* sp. is found in the experiment variable pathogenic properties, which indicates the expansion of its specialization and indicates the need for further study of bacterial pathology of forest woody plants. In the pathogenesis of the disease, five stages (phases) of its development are distinguished and the main symptomatic characteristics of the lesions are given, which makes it possible to timely identify the affected tree for each age group of stands.

The methods for diagnosing bacterial diseases of common ash have been improved. The species composition of the harmful entomofauna as a vector of infectious pathology has been determined. It has been shown that hydrothermal stress is a catalyzing factor for the epiphytic dieback of common ash.

It was revealed that there is a direct relationship between the spread of tuberculosis and the proportion of ash in the composition of stands of different age groups. In the research region, tuberculosis reaches epiphytic on the coppice-originating trees of *Fraxinus excelsior* growing in dense stand, especially when they are young.

It is shown that the pathology of common ash is a multifaceted phenomenon with interrelated processes of an infectious and non-infectious nature. The need to distinguish between the etiology and pathogenesis of this negative phenomenon is indicated, that is, one should not mix the factors that lead to the weakening of common ash (catalyzing factors) and the factors that cause epiphytic dieback. For the purpose of preventing and reducing the general infectious background, systematic monitoring should be carried out in stands with the participation of *Fraxinus excelsior* to observe the cenotic optimum of ash in the composition of forest stands, to prevent thickening, to remove and dispose of young ground-ash tree affected by *Pseudomonas syringae* pv. *savastanoi*, and create favorable conditions for the growth and development of common ash.

**Key words:** tuberculous pathology; pathogenic myco- and microbiota; pathogen; pathogenesis; antagonism; the prevalence of the disease.

<sup>1</sup> Ivanna Kulbanska – Ph.D Biology, Associate Professor of Forestry. National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Street General Rodimtsev, 19, Kyiv, Ukraine, 03041. Tel: +380507819710. E-mail: kulbanska@nubip.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3424-8106>



УДК: 630\*161

## Реліктова ценопопуляція *Ulmus glabra* Huds. у Покутських Карпатах

П. П. Пліхтяк<sup>1</sup>, А. Возняк<sup>2</sup>, М. І. Сорока<sup>3</sup>, А. П. Ониськів<sup>4</sup>

У Покутських Карпатах виявлено ценопопуляцію *Ulmus glabra* Huds. із 15 дерев віком близько 100 років, які пережили епідемію «голландської хвороби» у минулому столітті. Унікальна популяція сформувалася на південному схилі лісового потоку у глибокій ущелині, зайнятій фітоценозами трьох лісових асоціацій рослинності, які змінюють одна одну по мірі віддалення від водного дзеркала. Встановлено, що в умовах лісових ярів панує специфічний мікроклімат і формуються фітоценози гігрофільної рослинності, які належать до рідкісних угруповань Європи згідно Директиви ЄС 92/43/ЄЕС: *Stellario nemorum-Alnetum glutinosae*, *Ulmoglabrae-Aceretum pseudoplatani* і *Dentario glandulosae-Fagetum*. Великі екземпляри *Ulmus glabra* збереглися лише на першій терасі у прирусловій частині водного потоку, утворивши наступну за чорновільховими лісами смугу у висотному градієнті яружних лісів. Для дослідження особливостей лісів, в яких ростуть великовікові дерева стійкої до «голландської хвороби» форми *Ulmus glabra*, вивчено їхній видовий склад і фітосоціологічні характеристики на основі еколого-флористичної класифікації та методу J. Braun-Blanquet (1964). Синтаксономічний аналіз засвідчив, що ценопопуляція *Ulmus glabra* у Покутських Карпатах має реліктовий характер, оскільки є залишком давніх вологих лісів союзу *Alno-Ulmion* підсоюзу *Alnenion glutinoso-incanae*, які внаслідок пониження рівня ґрунтових вод і наступних динамічних змін рослинності поступово трансформуються у ліси союзу *Tilio platyphyllo-Acerion pseudoplatani*.

**Ключові слова:** в'яз шорсткий; біорізноманіття; лісові екосистеми; синтаксономія рослинності; метод Ж. Браун-Бланке; *Stellario nemorum-Alnetum glutinosae*; *Ulmoglabrae-Aceretum pseudoplatani*; *Dentario glandulosae-Fagetum*.

**Вступ (Introduction).** Види роду *Ulmus* L. – дуже древні мешканці Землі: їхній пилок знайдено у нижньортонських відкладах більшості регіонів Європи. У середньому голоцені листопадні ліси поширилися від Західної Європи до Уралу, і в них поступово займали своє місце сучасні лісові види дерев у послідовності *Ulmus–Tilia–Quercus* (Баранов,

1959). Міжльодовиковим рефугіумом для видів роду *Ulmus*, ймовірно, слугували португальські материкові ліси, сформовані на мулистих сланцях ордовіка (Monteiro-Henriques, Costa, Bellu, & Aguiar, 2010). Із голоценового періоду види роду *Ulmus* стали постійними елементами європейських неморальних лісів, проте наступні фітоісторичні події

<sup>1</sup> Пліхтяк Петро Петрович – головний 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: [kdlhlis@ukr.net](mailto:kdlhlis@ukr.net)

<sup>2</sup> Возняк Анджей – професор, доктор габлітований. Університет Природничий в Любліні, вул. Академіцка, 13, Люблін 20-950, Польща. Тел. +48-814-456-610. E-mail: [andrzej.wozniak@up.lublin.pl](mailto:andrzej.wozniak@up.lublin.pl) ORCID <https://orcid.org/0000-0002-9845-7003>

<sup>3</sup> Сорока Мирослава Іванівна – академік Лісівничої академії наук України, доктор біологічних наук, професор. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-032-239-27-11. E-mail: [myroslava\\_soroka@yahoo.com](mailto:myroslava_soroka@yahoo.com) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1037-6904>

<sup>4</sup> Ониськів Андрій Петрович – директор, 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: [kdlhlis@ukr.net](mailto:kdlhlis@ukr.net)

поставили їх існування в Європі під загрозу. На початку XX ст. із Китаю була занесена хвороба представників родини *Ulmaceae* Mirbel – DED (Dutch elm disease), названа «голландською» через її масове поширення саме в Голландії. Існує версія, що її завезли в Європу китайські мігранти разом з кошиками, сплетеними із гілок азійських в'язів. Як часто це буває під час перенесення патогенів на інші континенти, хвороба швидко поширилася в нових умовах. І якщо азійські види роду *Ulmus* у процесі еволюції виробили стійкість до цієї хвороби, європейські та американські види були знищені нею. У 1920-х роках вчені з Утрехтського університету J. Westerdijk, & B. Shwarz і Ch. Buisman виділили збудника цієї хвороби, що належав до аскоміцетів, і описали його спочатку як *Graphium ulmi* M. B. Shwarz (1922), через що і хворобу назвали «графіоз» (Shwarz, 1922). Згідно з сучасною номенклатурою, збудником хвороби є *Ophiostoma ulmi* (Buisman) Melin & Nannf (1934) (Syn. *Ceratocystis ulmi* (Buisman) C. Moreau (1952), *Ceratostomella ulmi* Buisman (1932)) (Index Fungorum, 2021). Деревя в'яза, намагаючись перешкодити просуванню патогена по висхідному (кислемному) потоку речовин у стовбурі, самі закупорюють судини тилами, що з часом зумовлює нестачу води, в'янення і загибель дерев. Порослеві і насінні особини в'язів заражаються, коли діаметр стовбура сягає 10 см (Thomas, Stone, & La Porta, 2018). Збудники хвороби, включно з нещодавно описаними *Ophiostoma novo-ulmi* Brasier (1991) і *O. himal-ulmi* Brasier & Mehrotra (1995), мають різну патогенність; у видів родини *Ulmaceae* також різна сприйнятність до хвороби. Із європейських видів в'яза заражаються всі, проте лише *Ulmus glabra* Huds. є найрезистентнішим до хвороби.

*Ulmus glabra* Huds. (IPNI ID: 856863-1, GBIF ID: 5361866, The PlantList ID: kew-2448690), описаний у 1762 р. (Fl. Angl. (Hudson) 95 (1762), має 35 синонімічних назв. Це європейсько-малоазійський вид, найпівнічніше місцезростання якого – за Полярним колом (Норвегія), а найвище (1400 м н.р.м.) – у горах Кавказу. Встановлено, що *Ulmus glabra* не лише морфологічно, але й генетично чітко відрізняється від інших європейських видів роду, і може бути виокремленим за допомогою хлоропластної ДНК PCR-RFLP (Gravendeel, Eurlings, & Heijerman, 2009). Після пандемії «голландської хвороби» внаслідок зменшення щільності популяції в *Ulmus glabra* трансформувалися генні потоки і моделі запилення, що складає неабияку загрозу його існуванню (Devetaković, Cortan, & Maksimović, 2019). Тому *Ulmus glabra* охороняється Європейською програмою лісових генетичних ресурсів (EUFORGEN) із статусом *Noble Hardwoods* – малопоширений цінний лісовий вид, збереження еволюційного потенціалу якого *in situ* вимагає співпраці усіх країн в ареалі його поширення (Aravanopoulos et al., 2015). Україна долучилася до збереження цього виду *in situ* та *ex situ*. Оскільки *Ulmus glabra* знаходиться під загрозою зникнення як на рівні популяції, так і на рівні виду у зв'язку із втратами особин через

хворобу, в Україні він має статус виду з малими популяціями і охороняється в єдиному генетичному резерваті площею 2,5 га на території Карпатського НПП. Назагал на території Івано-Франківщини виявлено лише 3,0 га насаджень з переважанням *Ulmus glabra* у складі, причому у перелік лісових господарств, на території яких поширений цей вид, Державне підприємство «Кутське лісове господарство» не потрапило (Рекомендації..., 2005). Збереженням генофонду *Ulmus glabra ex situ* в Україні займається наукова школа, яка узагальнила досвід вирощування та підвищення біотичної стійкості деревостанів за участю *Ulmus glabra*. Розроблено агротехніку створення штучних насаджень виду, до основних прийомів якої належить використання насінин місцевого походження з дерев віком понад 70 років – найстійкіших особин, які не уражені голландською хворобою (Дебринюк, Скольський, 2012).

Дослідження впливу властивостей ґрунту на ріст *Ulmus glabra* довели, що найкраще він росте на вологих родючих ґрунтах з нейтральною чи лужною реакцією (Peterken, & Mountford, 1998) важкого механічного складу, часто на кам'янистих і крутих схилах (Fremstad, 1983). Найпридатнішими для його росту ґрунти мають індекс аерації 2 (за шкалою: 1 – високий, 5 – низький), індекс вологості ґрунту 4 (за шкалою: 1 – сухий, 5 – вологий); нітратний індекс 5 (за шкалою: 1 – низький, 5 – високий) та індекс рН 4 (за шкалою: 1 – кислий, 5 – лужний) (Piedallu, Gégout, Lebourgeois, & Seynave, 2016). Поширення *Ulmus glabra* найбільше лімітує літня посуха (Fremstad, 1983), що зближує його екологічну фігуру із фігурою *Fagus sylvatica* L. Меншою мірою йому шкодить тимчасове перезволоження (Diekmann, 1996), проте він практично не росте на заболочених ділянках (De Rigo, Caudullo, Houston Durrant, & San-Miguel-Ayanz, 2016), а в найбільш вологих лісах заміщається *Ulmus minor* Mill. (Diekmann, 1996). В умовах свіжого грудку (*D.*) швидко росте і випереджає в рості інші листяні види дерев (Дебринюк, Скольський, 2012). Вікові особини *Ulmus glabra*, які пережили епідемію «голландської хвороби», а також їхнє потомство, вважаються дуже цінними і стійкими до неї. Існують як окремі регіони в Україні (Прикарпаття, Українські Карпати), де хвороба практично не проявляється, так і окремі особини у пошкоджених лісостанах, резистентні до ураження нею (Дебринюк, Скольський, 2012). Поодинокі дерева *Ulmus glabra*, що вціліли від «голландської хвороби», виявлено і на території Розточчя у заплавах лісах (Сорока, 2008). Примітно, що у сучасний період спостережено зниження інтенсивності поширення голландської хвороби в'язових (Дебринюк, Скольський, 2012), оскільки у роки з холодними зимами та достатнім зволоженням епідемія йде на спад (Скольський, 2009).

Пошук вікових генеративних особин *Ulmus glabra* у Карпатах є важливим науковим завданням, яке може бути використане лісівниками для відтво-

рення в'язових лісів, адже саме з допомогою стійких до хвороби дерев європейські країни, зокрема Німеччина, відновлюють втрачені в'язові ліси та паркові посадки, надсилаючи такі саджанці і в інші країни. Особливої уваги потребує дослідження біотопічних умов для формування стійкої форми *Ulmus glabra*, зокрема дослідження фітоценотичної структури лісів за його участю.

Об'єктом досліджень були лісові ценози за участю дерев *Ulmus glabra* у віці близько 100 років на території лісового фонду Державного підприємства «Кутське лісове господарство». Предмет дослідження – сучасний стан, видовий склад і фітосоціологічні характеристики лісів за участю *Ulmus glabra*. Мета досліджень – дослідити реліктову ценопопуляцію *Ulmus glabra*, особливості лісових біотопів та фітоценотичні риси угруповань, в яких вона збереглася, для створення ділянок відтворення стійкої до «голландської хвороби» форми виду.

**Об'єкти і методи досліджень (Objects and methods).** Дослідження здійснювали впродовж 2019-2021 рр. на території ДП «Кутське ЛГ». За геоботанічним районуванням – це район покутсько-буковинських смереково-ялицево-букових і смереково-буково-ялицевих лісів підокругу темнохвойно-букових привододільних лісів округу букових лісів Українських Карпат (Голубець, 2003). Дослідження проводили на геоботанічних трансектах з метою фіксації вертикального профілю та диференціації яружної рослинності на схилах лісового потоку. Для встановлення біорізноманіття діагностованих угруповань здійснено інвентаризацію флори вищих рослин, відбір зразків плодових тіл підстилкових макроміцетів, проведено дворазові геоботанічні описи рослинності. Систематичні списки флори укладено на основі лінійних класифікаційних систем (Christenhusz, et al., 2011; Chase, et al., 2016). Латинські назви рослин наведено за таксономічною електронною базою даних The Plant List (2021), мікобіоти – за: Index Fungorum (2021). Авторів видів у тексті не наведено у зв'язку з цитуванням таксонів за єдиним актуальним джерелом.

Дослідження рослинності здійснено на засадах еколого-флористичної класифікації із застосуванням методу J. Braun-Blanquet (1964). Мінімальну площу опису вираховано за методом F. Fukarek (1967). За шкалами J. Braun-Blanquet (1964) визначали кількісні характеристики видів, зведені до середніх заокруглених значень (Wysocki, & Sikorski, 2002). Для синтаксономічного аналізу укладено таблиці фітоценонів з використанням класів постійності A. Scamoni (1967). Структуру та назви синтаксонів подано за W. Matuszkiewicz (2013), синтаксономічну схему рослинності побудовано на основі європейських систем (Ellenberg, & Klötzli, 1972; Müller, Oberdorfer, & Seibert, 1992; Matuszkiewicz, 2013).

**Результати (Results).** Під час обстеження лісів ДП «Кутське лісове господарство» було виявлено ценопопуляцію *Ulmus glabra* на площі близько 1 га, яка не була відзначена в актуальних таксаційних описах підприємства. Ділянка знаходиться у лісовому фонді Косівського лісництва (кв. 31, вид. 9) на

південному схилі стрімкістю 5° в ущелині лісового потоку. Оскільки виявлена ценопопуляція складається із 15-ти великих дерев віком близько 100 років та молодого покоління всіх вікових груп, у т.ч. сходів, ця знахідка є унікальною з огляду на події минулого століття, які стали причиною масового зникнення в'язів у наших лісах. За матеріалами лісовпорядкування, склад деревостану на цій ділянці – 7Бк3Гз + Влс, індекс типу лісу – С<sub>3</sub>-зБк, вік – 63 роки, середні: висота – 23 м, діаметр – 26 см, повнота – 0.6, запас – 230 м<sup>3</sup>/га. Однак детальні фітоценологічні дослідження показали, що насправді виділ має неоднорідний деревостан, утворений фітоценозами як мінімум трьох лісових асоціацій рослинності, які змінюють одна одну по мірі віддалення від водного дзеркала. Вказаний вік деревостану не співпадає із віком дерев *Ulmus glabra*, великі особини якого збереглися на першій терасі прируслової частини водного потоку, утворюючи наступну, за вільховими лісами, смугу у висотному градієнті яружних лісів (рис. 1, 2).

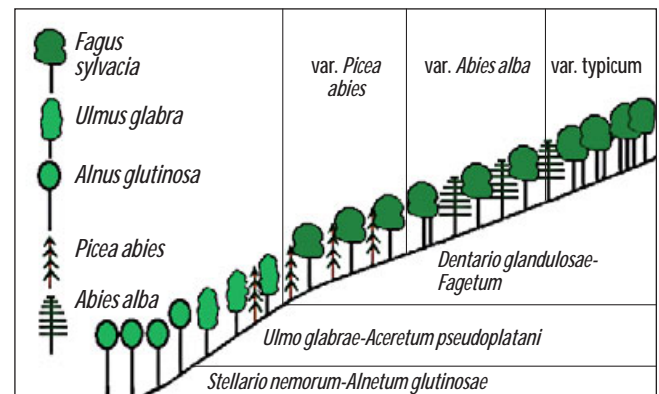


Рис. 1. Схема розташування ценопопуляції *Ulmus glabra* у висотному градієнті яружних лісів Косівського лісництва

Fig. 1. Scheme of location of *Ulmus glabra* population in the height gradient of the gorge forests of the Kosów forest district

Здійснені геоботанічні і фітосоціологічні дослідження дали змогу встановити флористичний склад і синтаксономічний діагноз лісових угруповань за участю *Ulmus glabra* та укласти їх фітоценони (табл. 1). Синтаксономічна схема рослинності обстеженої ділянки має такий вигляд:

- Cl. QUERCO-FAGETEA Br.-Bl. et Vlieg. 1937**  
**Ord. Fagetalia sylvaticae Pawl. in Pawl., Sokol. et Wall. 1928**  
**All. Alno-Ulmion Br.-Bl. et R. Tx. 1943**  
**SAll. Alnion glutinoso-incanae Oberd. 1953**  
**Ass. Stellario nemorum-Alnetum glutinosae Lohm.**  
**All. Fagion sylvaticae R. Tx. et Diem.**  
**SAll. Dentario glandulosae-Fagenion Oberd. et Müller 1984**  
**Ass. Dentario glandulosae-Fagetum W. Mat. 1964 et Guzikowa et Kornaś 1969**  
*Dentario glandulosae-Fagetum W. Mat. 1964 et Guzikowa et Kornaś 1969 var. Picea abies;*

*Dentario glandulosae-Fagetum* W.Mat.1964 et Guzikowa et Kornaś 1969 var. *Abies alba*;  
*Dentario glandulosae-Fagetum* W.Mat.1964 et Guzikowa et Kornaś 1969 var. *typicum*)

**All. *Tilio platyphyllis-Acerion pseudoplatani* Klika 1955**  
**Ass. *Ulmo glabrae-Aceretum pseudoplatani* Issler 1926**



Рис. 2. Асоціації яружних лісів Косівського лісництва: зліва – *Stellario nemorum-Alnetum glutinosae*; в центрі – *Ulmo glabrae-Aceretum pseudoplatani*; справа – *Dentario glandulosae-Fagetum*

Fig. 2. The complexes of ravine forests of the Kosów forestry: on the left – *Stellario nemorum-Alnetum glutinosae*; in the center – *Ulmo glabrae-Aceretum pseudoplatani*; on the right – *Dentario glandulosae-Fagetum*

Обстеження біотопів підтвердило, що тут сформувався унікальний природний комплекс гігрофільної рослинності, синтаксони якого належать до рідкісних у шкалі Європи. Адже в останні десятиліття через кліматичні зміни та діяльність людини заплавні ліси, як і решта типів гігрофільної рослинності, потрапили у зону ризику зникнення на більшій частині території Європи. Найважливішим документом, який підтверджує раритетність описаних біотопів, є Директива Ради ЄС 92/43/ЕЕС (Habitats Directive) про збереження природних середовищ існування та дикої фауни і флори. Згідно з Директивою ЄС 92/43/ЕЕС, біотоми обстеженого урочища мають коди: *Stellario nemorum-Alnetum glutinosae* – 91E0; *Ulmo glabrae-Aceretum pseudoplatani* – 9180; *Dentario glandulosae-Fagetum* – 9130 (Council Directive 92/43/ЕЕС, 1992). Досліджені фітоценози перебувають під охороною Європейської мережі моніторингу біорізноманіття ЕВОНЕ, за якою вони мають категоризацію: *Stellario nemorum-Alnetum glutinosae* – FPH/DEC 6.6.1.2.2; *Ulmo glabrae-Aceretum pseudoplatani* – FPH/DEC 6.6.1.6.6; *Dentario glandulosae-Fagetum* – FPH/DEC 6.6.1.7.1 (Bunce et al., 2013). Також синтаксони яружної рослинності, як рідкісні та зникаючі біотоми Європи, внесено до Додатку I Бернської конвенції і класифіковано кодами EUNIS. Подібне кодування ці синтаксони мають і у Смарагдовій мережі України: *Stellario nemorum – Alnetum glutinosae* – G1.41; *Ulmo glabra – Aceretum pseudoplatani* – G1.21; *Dentario glandulosae – Fagetum* – G1.633 (Devilliers, & Devilliers-Terschuren, 1998).

Таблиця 1

**Фітоценони лісових асоціацій з участю *Ulmus glabra***

Table 1. Phytocenones of forest communities from *Ulmus glabra*

№ синтаксону	1	2	3
Кількість видів	87	104	111
Клас постійності			
<b>D.sp. Ass.: <i>Stellario nemorum-Alnetum glutinosae</i></b>			
<i>Stellaria nemorum</i>	V	II	.
<i>Chaerophyllum aromaticum</i>	III	.	I
<i>Equisetum pratense</i>	III	.	.
<i>Melandrium dioicum</i>	III	.	.
<b>D.sp. Ass. <i>Ulmo glabrae-Aceretum pseudoplatani</i></b>			
<i>Mateuccia struthiopteris</i>	I	I	.
<i>Ulmus glabra</i>	I	V	I
<i>Aruncus dioicus</i>	.	I	.
<i>Adenostyles alliariae</i>	.	I	.
<i>Acer pseudoplatanus</i>	III	IV	V
<i>Petasites albus</i>	II	III	II
<i>Chaerophyllum hirsutum</i>	.	I	.
<b>D.sp. Ass. <i>Dentario glandulosae-Fagetum</i></b>			
<i>Dentaria bulbifera</i>	.	.	I
<i>Dentaria glandulosa</i>	.	.	IV
<i>Symphytum cordatum</i>	.	.	IV
<i>Euphorbia amygdaloides</i>	I	I	I



Продовж. табл. 1  
Continuation of Table 1

№ синтаксону	1	2	3
Кількість видів	87	104	111
	Клас постійності		
<i>Salvia glutinosa</i>	.	.	III
<i>Glechoma hirsuta</i>	.	.	I
<b>Dg.sp. Cl.: a – QUERCO-FAGETEA; b – Fagetalia sylvaticae; c – Alno-Ulmion; d – Fagion sylvaticae; e – Tilio platyphylis-Acerion pseudoplatani; f – Carpinion betuli</b>			
<i>a Aegopodium podagraria</i>	I	I	I
<i>a Anemone nemorosa</i>	.	.	IV
<i>a Campanula trachelium</i>	.	.	I
<i>a Carex digitata</i>	.	IV	V
<i>a Corylus avellana</i>	II	IV	V
<i>a Epipactis helleborine</i>	.	.	I
<i>a Euonymus europaeus</i>	I	I	.
<i>a Euonymus verrucosus</i>	.	I	II
<i>a Fraxinus excelsior</i>	I	I	.
<i>a Hedera helix</i>	.	.	IV
<i>a Hepatica nobilis</i>	.	.	I
<i>a Lonicera xylosteum</i>	.	.	I
<i>a Poa nemoralis</i>	.	II	III
<i>a Quercus robur</i>	.	I	.
<i>a Scilla bifolia</i>	.	.	IV
<i>a Viola mirabilis</i>	.	II	IV
<i>b Anemone ranunculoides</i>	IV	II	.
<i>b Aposeris foetida</i>	.	.	II
<i>b Asarum europaeum</i>	.	I	II
<i>b Astrantia major</i>	.	.	I
<i>b Atrichum undulatum</i>	.	III	IV
<i>b Carex sylvatica</i>	III	II	III
<i>b Corydalis solida</i>	IV	II	IV
<i>b Daphne mezereum</i>	.	I	III
<i>b Dryopteris filix-mas</i>	IV	IV	V
<i>b Eurhynchium angustirete</i>	I	I	II
<i>b Eurhynchium striatum</i>	II	.	I
<i>b Ficaria verna</i>	V	.	II
<i>b Galeobdolon luteum</i>	I	II	V
<i>b Galium odoratum</i>	.	I	V
<i>b Impatiens noli-tangere</i>	III	II	.
<i>b Isopyrum thalictroides</i>	.	.	III
<i>b Mercurialis perennis</i>	I	I	III
<i>b Miliium effusum</i>	.	IV	IV
<i>b Polygonatum multiflorum</i>	.	.	IV
<i>b Primula elatior</i>	.	II	II
<i>b Pulmonaria obscura</i>	.	.	V
<i>b Ranunculus lanuginosus</i>	.	I	IV
<i>b Sanicula europaea</i>	.	.	IV

Продовж. табл. 1  
Continuation of Table 1

№ синтаксону	1	2	3
Кількість видів	87	104	111
	Клас постійності		
<i>b Scrophularia nodosa</i>	II	I	III
<i>b Stachys sylvatica</i>	I	I	V
<i>b Viola reichenbachiana</i>	.	V	V
<i>c Alnus incana</i>	V	V	.
<i>c Carex pendula</i>	V	.	.
<i>c Carex remota</i>	III	II	.
<i>c Chrysosplenium alternifolium</i>	V	II	.
<i>c Gagea lutea</i>	II	II	.
<i>c Plagiomnium undulatum</i>	IV	III	I
<i>c Circaea lutetiana</i>	II	I	I
<i>d Athyrium filix-femina</i>	IV	III	III
<i>d Cirsium oleraceum</i>	I	.	.
<i>d Oxalis acetosella</i>	I	II	.
<i>d Fagus sylvatica</i>	.	II	V
<i>e Actaea spicata</i>	.	III	III
<i>e Tilia platyphyllos</i>	.	I	.
<i>e Lunaria rediviva</i>	.	V	V
<i>e Polygonatum verticillatum</i>	.	V	II
<i>e Senecio fuchsii</i>	.	V	I
<i>f Campanula rapunculoides</i>	.	.	I
<i>f Carex pilosa</i>	.	.	III
<i>f Carpinus betulus</i>	V	V	V
<i>f Cerasus avium</i>	I	I	V
<i>f Dactylis polygama</i>	I	I	III
<i>f Galium intermedium</i>	.	I	III
<i>f Melampyrum nemorosum</i>	.	.	I
<i>f Stellaria holostea</i>	I	I	III
<b>D.sp.Cl.: a – ALNETEA GLUTINOSAE, Alnetalia glutinosae, Alnion glutinosae</b>			
<i>a Alnus glutinosa</i>	V	V	.
<i>a Frangula alnus</i>	V	V	V
<i>a Lycopus europaeus</i>	II	I	.
<i>a Padus racemosa</i>	V	IV	II
<i>a Solanum dulcamara</i>	I	.	.
<b>D.sp.Cl.: a – VACCINIO-PICEETEA; b – Cladonio-Vaccinietalia, Dicrano-Pinion, Piceo – Vaccinienion uliginosi; c – Vaccinio-Piceetalia; d – Piceion abietis; e – Vaccinio-Abietenion</b>			
<i>a Dicranum scoparium</i>	.	II	I
<i>a Hylocomium splendens</i>	I	I	II
<i>b Dryopteris austriaca</i>	I	III	I
<i>b Hypnum cupressiforme</i>	V	V	V
<i>b Polytrichum commune</i>	II	I	I
<i>c Bazzania trilobata</i>	.	.	IV
<i>c Picea abies</i>	V	V	V

Продовж. табл. 1  
Continuation of Table 1

№ синтаксону	1	2	3
Кількість видів	87	104	111
	Клас постійності		
<i>d Galium rotundifolium</i>	.	.	V
<i>d Luzula sylvatica</i>	.	.	I
<i>e Abies alba</i>	I	V	V
<i>e Hieracium murorum</i>	I	I	V
<b>D.sp.Cl.: a – SALICETEA PURPUREAE, Salicetalia purpureae</b>			
<i>a Humulus lupulus</i>	I	II	.
<b>D.sp.Cl.: a – EPILOBIETEA ANGUSTIFOLII, Atropetalia; b – Sambuco-Salicion</b>			
<i>a Rubus idaeus</i>	I	II	I
<i>b Sambucus racemosa</i>	.	.	III
<i>b Betula pendula</i>	V	IV	I
<i>b Populus tremula</i>	III	I	.
<i>b Sambucus nigra</i>	V	V	V
<i>b Sorbus aucuparia</i>	I	II	V
<b>D.sp.Cl.: a – ARTEMISIETEA VULGARIS; b – Glechometalia hederaceae; c – Alliarion</b>			
<i>a Urtica dioica</i>	II	I	.
<i>b Alliaria petiolata</i>	II	I	.
<i>b Anthriscus sylvestris</i>	I	II	II
<i>b Chelidonium majus</i>	.	I	II
<i>c Geranium robertianum</i>	IV	V	V
<i>c Eupatorium cannabinum</i>	I	II	.
<b>D.sp.Cl.: a – MOLINIO-ARRHENATHERETEA; b – Plantaginetalia majoris, Polygonion avicularis; c – Trifolium fragiferae-Agrostietalia stoloniferae, Agropyro-Rumicion crispis; d – Molinietaalia caeruleae; e – Filipendulion ulmariae; f – Calthion palustris</b>			
<i>a Prunella vulgaris</i>	II	I	I
<i>b Geum urbanum</i>	III	I	I
<i>c Ranunculus repens</i>	V	V	.
<i>d Cirsium palustre</i>	I	.	.
<i>d Deschampsia caespitosa</i>	II	.	.
<i>e Filipendula ulmaria</i>	I	.	.
<i>f Caltha palustris</i>	I	.	.
<i>f Cirsium oleraceum</i>	I	.	.
<i>f Myosotis palustris</i>	V	.	.
<b>Dg.sp. Cl.: a – PHRAGMITETEA, Phragmitetalia; b – Magnocaricion</b>			
<i>a Phragmites australis</i>	I	I	.
<i>b Carex elata</i>	.	I	.
<i>b Galium palustre</i>	I	I	.
<i>b Peucedanum palustre</i>	I	.	.
<i>b Scutellaria galericulata</i>	I	I	.

Продовж. табл. 1  
Continuation of Table 1

№ синтаксону	1	2	3
Кількість видів	87	104	111
	Клас постійності		
<b>Інші види:</b>			
<i>Ajuga reptans</i>	II	II	V
<i>Brachythecium rutabulum</i>	V	V	V
<i>Cardamine amara</i>	I	.	.
<i>Carex brizoides</i>	III	III	I
<i>Cirriphyllum piliferum</i>	IV	II	.
<i>Cruciata glabra</i>	.	II	V
<i>Dryopteris carthusiana</i>	V	V	V
<i>Equisetum sylvaticum</i>	.	II	I
<i>Eurhynchium hians</i>	II	I	.
<i>Eurhynchium praelongum</i>	I	I	.
<i>Galeopsis ladanum</i>	.	I	I
<i>Luzula pallescens</i>	.	.	I
<i>Luzula pilosa</i>	.	I	I
<i>Majanthemum bifolium</i>	.	I	I
<i>Moehringia trinervia</i>	.	II	IV
<i>Mycelis muralis</i>	.	.	III
<i>Plagiomnium affine</i>	.	V	V
<i>Plagiomnium cuspidatum</i>	II	I	.
<i>Plagiomnium ellipticum</i>	III	IV	.
<i>Quercus rubra</i>	.	I	.
<i>Rubus hirtus</i>	V	V	V
<i>Senecio nemorensis</i>	.	.	I
<i>Viburnum opulus</i>	I	I	II

Примітка. Синтаксони: 1 – *Stellario nemorum-Alnetum glutinosae*; 2 – *Ulmo glabrae-Aceretum pseudoplatani*; 3 – *Dentario glandulosae-Fagetum*

Прируслова ділянка долини потоку зайнята фітоценозами асоціації *Stellario nemorum-Alnetum glutinosae*. Подібно як в інших гірських системах Європи, вони формуються стрічкоподібно вздовж русла потоку у глибокому яру на перезволожених органічних ґрунтах і займають дно улоговини, що постійно заливається паводковими водами. Цей тип вільшин добре відрізняється від інших клейковільхових лісів характерною комбінацією видів різних синтаксономічних класів, серед яких значну частку складають мезофіти, що для заплавної лісів є не зовсім звичним явищем.

Синтаксон, у фітоценозах якого відмічено ценопопуляцію *Ulmus glabra*, за загальними фітоценозичними рисами діагностується як фрагмент асоціації *Ulmo glabrae-Aceretum pseudoplatani*. У цьому біотопі найважливішими елементами є особини *Ulmus glabra*, серед яких 15 дерев є великовіковими (табл. 2, рис. 3). Окрім них, ценопопуляція включає велику кількість ювенільних і віргінільних особин, що може стати добрим резервом для створення генетичних плантацій.

Таксаційні показники великовікових дерев в'яза

Table 2. Taxation indexes of the age of elm trees

№ з.п.	Вид	Діаметр стовбура, см (на висоті 1,30 м)	Висота, м	Примітка
1	<i>Ulmus glabra</i>	56	31	–
2	<i>Ulmus glabra</i>	68	32	–
3	<i>Ulmus glabra</i>	36	28	відьмине кільце
4	<i>Ulmus glabra</i>	56	30	–
5	<i>Ulmus glabra</i>	86	33	бактеріоз
6	<i>Ulmus glabra</i>	48	28	–
7	<i>Ulmus glabra</i>	28	20	відьмине кільце
8	<i>Ulmus glabra</i>	24	18	–
9	<i>Ulmus glabra</i>	28	22	–
10	<i>Ulmus glabra</i>	24	20	–
11	<i>Ulmus glabra</i>	90	32	бактеріоз
12	<i>Ulmus glabra</i>	40	28	–
13	<i>Ulmus glabra</i>	32	27	–
14	<i>Ulmus glabra</i>	52	29	бактеріоз
15	<i>Ulmus glabra</i>	52	30	–



Рис. 3. Великовікові особини *Ulmus glabra*

Fig. 3. Aged individuals of *Ulmus glabra*

Морфологія стовбурів обстежених дерев в'яза шорсткого свідчить про її залежність від анатомічних структур: формування тканин стебла відбувається з одночасним ростом листків і сплячих бруньок, причому формування і ріст вузлів відбувається швидше, ніж ріст меживузлів. Такі процеси відображаються на зовнішньому вигляді і структурі ритідому – під час огляду видається, що формуються потужні осередки водяних пагонів. У старих дерев в'яза також розвиваються кореневі лапи, у зв'язку з чим нижня частина стовбура має «гофровану» поверхню з глибокими жолоба-

ми. При самому стовбурі кореневі лапи відіграють роль контрфорсів, які допомагають утримувати велетенські стовбури у вертикальному положенні, а подалі від дерева вони часто продовжуються у наземні корені (рис. 4).

Обстеживши декілька ділянок із великими деревами в'язів, ми спробували описати природне рослинне вкриття таких лісів та дослідити мікобіоту. Лишайники у цих лісах є рідкісними, оскільки тріщинувата кора старих в'язів не дає змоги їм розростатися. Тим не менше, тут виявлено *Flavoparmelia caperata*, *Hypogymnia physodes*, *Parmelia sulcata*,

*Lecanora carpinea*. Поблизу стовбурів в'яза, поряд із поширеними підстилковими сапротрофами, часто трапляється і утворює «відміни кільця» *Megacollybia platyphylla*, виказуючи явну прив'язаність до опадів в'яза. Доволі часто тут трапляються плодові тіла гриба *Strobilomyces strobilaceus*, внесеного до Червоної книги України, який назагал у Покутських Карпатах не є рідкісним. Варіанти цієї асоціації з домінуванням *Lunaria rediviva* внесено до Зеленої книги України: *Fageto (sylvaticae) – Ulmeto (glabrae) – Aceretum (pseudoplatani) lunariosum (redivivae)*, *Ulmeto (glabrae) – Fraxinetum (excelsioris) – Aceretum (pseudoplatani) lunariosum (redivivae)* із синфіто-

созологічним індексом 11,2. Угрупування, синфітосозологічний індекс яких більше 11, належать до I синфітосозологічного класу як найцінніші і найуразливіші щодо зовнішнього впливу угруповання. Їм присвоєно категорію 2 охорони як угруповання з рідкісним типом асоційованості домінуючих видів, в яких домінує має аутфітосозологічну, ботаніко-історичну, ботаніко-географічну цінність, або ж вони відзначаються ценотично оригінальним поєднанням поширених видів і характеризуються зменшенням площ місцезростань. Статус таких угруповань: «перебувають під загрозою зникнення» (Дідух, 2009).



Рис. 4. Морфологічні ознаки великовікових дерев *Ulmus glabra*: жолобкувата прикоренева частина стовбура (зліва); горизонтальні наземні корені (в центрі); скупчення вегетативних бруньок на брахибластах (справа)

Fig. 4. Morphological features of age-old *Ulmus glabra* trees: ribbed basal part of the trunk (left); horizontal earth roots (center); accumulation of vegetative buds on brachyblasts (on right)

У найвищій частині схилу і на плато сформувалися фітоценози букових лісів асоціації *Dentario glandulosae-Fagetum*. Це класичні карпатські евтрофні бучини зі складною мікроценотичною структурою, багатою ценофлорою та чіткою сезонною динамікою. Весняний аспект трав'яного ярусу докорінно відрізняється від ранньолітнього, а максимальне проєктивне вкриття трав тут проявляється до повного розвитку листків бука. У напрямі від потоку вверх по схилу, зі зміною ґрунтово-кліматичних умов видовий склад *Dentario glandulosae-Fagetum* також помітно змінюється, що зумовило формування варіантів асоціації – *Dentario glandulosae-Fagetum* var. *Picea abies*, *D. g.-F.* var. *Abies alba*, *D. g.-F.* var. *tyricum*.

Аналіз фітоценотичної структури обстежених угруповань засвідчив, що *Ulmo glabrae-Aceretum pseudoplatani* за показниками кількісних співвідношень між видами окремих ярусів займає особливе положення у ряду висотної диференціації яружної рослинності. Найбільшу зімкненість деревного ярусу виявлено у ценозах *Dentario glandulosae-*

*Fagetum* і *Stellario nemorum-Alnetum glutinosae*, натомість ліси за участю в'яза характеризуються розрідженими деревними під'ярусами. Густе трав'яне вкриття формується лише у *Stellario nemorum-Alnetum glutinosae*, тоді як у *Ulmo glabrae-Aceretum pseudoplatani* воно мозаїчне і слабо сформоване. Ярус мохів найкраще розвинений у добре зволжених лісах прируслової частини потоку і нижньої частини схилу, що закономірно (рис. 5).

Дискусія (Discussion). Багатовекторна диференціація рослинності Європи зумовила формування розмаїття біотопів, у яких росте *Ulmus glabra*, що віддзеркалилося в їхній синтаксономічній характеристиці. Беззаперечним залишається факт, що *Ulmus glabra*, внаслідок широкої екологічної і синтаксономічної амплітуди, входить до складу лісових і чагарникових угруповань як мінімум трьох класів рослинності, серед яких – заплавні і яружні ліси, зруби, гірські букові і яворові ліси, термофільні діброви. Проте поширення і синтаксономічну приналежність лісових угруповань, елементом яких є *Ulmus glabra*, до кінця не вивчено. Їх відно-

сять до різних синтаксонів, а назви асоціацій у різних регіонах Європи, навіть визначені на засадах еколого-флористичної школи, значно різняться, і часто не вивірені валідно. *Ulmus glabra* є елемен-

том рівнинних вологих лісів або гірських яружних угруповань, що і зумовлює його участь у синтаксонах різних союзів, а іноді – і різних класів рослинності.

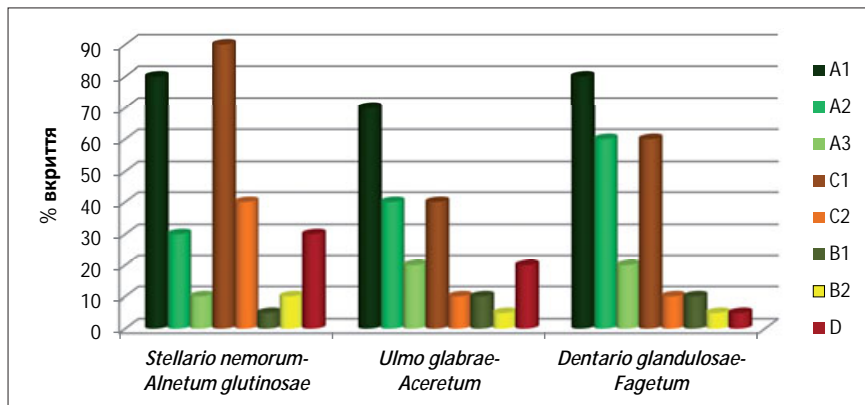


Рис. 5. Фітоценотична структура угруповань яружних лісів Покутських Карпат: А – деревний ярус (A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub> – під'яруси), В – ярус кущів (B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> – під'яруси), С – ярус трав (C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> – під'яруси), D – ярус мохів

Fig. 5. Phytocoenotic structure of the ravine forests of the Pokuttya Carpathians: A – tree layer (A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub> – sublayers), B – shrub layer (B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> – sublayers), C – grass layer (C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> – sublayers), D – a layer of mosses

З аналізу літературних джерел помітно, що більшість описаних в Європі асоціацій з *Ulmus glabra* відносяться до класу *QUERCO-FAGETEA*, порядку *Fagetalia sylvaticaе*, союзів *Tilio-Acerion*, *Alnion incanae*, *Alno-Ulmion* або *Carpinion betuli*. Рідше відмічено участь в'язу шорсткого у синтаксонах класів *EPILOBIETEA ANGUSTIFOLII* і *ALNETEA GLUTINOSAE*. Із зростанням континентальності клімату – від атлантичного узбережжя до Уралу помітний екологічний і географічний вікарізм синтаксонів за участю *Ulmus glabra*. На заході Європи і в Британії *Ulmus glabra* є постійним елементом лісів союзу *Tilio-Acerion* з кодуванням W8 і W9 згідно British NVC community, в яких домінує *Fraxinus excelsior* (Rodwell, 1991), а також португальських ендемічних лісів *Fraxino angustifoliae – Ulmetum* (Monteiro-Henriques et al., 2010) із союзу *Alnion incanae*. Оскільки *Ulmus glabra* є тіньовитривалишим, ніж *Fraxinus excelsior* (Merton, 1970), частка в'язу в таких лісах має тенденцію постійно збільшуватися (Thomas, Stone, & La Porta, 2018). У Каринтії *Ulmus glabra* є елементом лісів *Ostryo – Ulmetum glabrae*, які представляють рідкісні лісові угруповання Австрії (Kirisits, & Franz, 2006), а в Німеччині – асоціацій *Tilio platyphylli – Ulmetum glabrae* і *Ulmo glabrae – Aceretum pseudoplatani* (союз *Tilio – Acerion*) (Leuschner, & Ellenberg, 2017). На території Польщі *Ulmus glabra* є елементом лісових фітоценозів союзів *Tilio – Acerion* і *Carpinion betuli* (Andrzejczyk, & Brzeziecki, 1995), рідше – *Alno-Ulmion* (Filipiak, & Napierała-Filipiak, 2015). У природних лісах Карпат *Ulmus glabra* представлений вздовж річкових долин, а на висотах 1100-1600 м росте у букових або буково-хвойних ценозах. У річкових ущелинах він може утворити в'язово-яворові ліси (Borlea, 2004). У Південній Європі ліси з *Ulmus glabra* проявляють чіткі риси вікарних угруповань

до середньоєвропейських ценозів: на вапнякових і кремнієвих субстратах від Іспанії до Східної Європи *Ulmus glabra* найчастіше трапляється в ряді яружних фітоценозів союзу *Tilio-Acerion* (Campos, García-Mijangos, Herrera, Loidi, & Biurrún, 2011); у Словенії, Боснії та Герцеговині на висотах 1000-1600 м на вапняках і доломітах – у ценозах асоціації *Abieti-Fagetum dinaricum* (Surina, & Dakskobler, 2013), яка належить союзу *Aremonio-Fagion*. Натомість Північна Європа відзначається зовсім іншим флористичним і синтаксономічним складом лісів за участю *Ulmus glabra*. В Естонії вид є елементом лісів *Ulmus glabra – Acer platanoides – Allium ursinum* і *Ulmus glabra – Fraxinus excelsior – Aegopodium podagraria*, у вологіших місцях – *Ulmus glabra – Alnus incana – Matteuccia struthiopteris* (Paal, 2009) із союзу *Tilio-Acerion*. У Західній Норвегії він трапляється у асоціаціях *Ulmo – Tilietum* і *Alno incanae – Ulmetum glabrae* (Odland, 1992), поодинокі в *Alno – Prunetum* (Austad, & Skogen, 1990), а також у *Primulo – Ulmetum circaetosum lutetianaе* та *Eurhynchio – Fraxinetum* (Aarrestad, 2000). Синтаксономія лісових угруповань Нідерландів свідчить про формування тут ценозів із союзу *Alnion incanae* (Doing, 1962). На крайньому сході Європи ліси за участю в'язу шорсткого мають виразні континентальні риси і належать оригінальним синтаксонам термофільної рослинності, які в інших регіонах Європи не формуються.

В Уральських горах *Ulmus glabra* асоціюється із теплолюбними дібровами *Brachypodio pinnati-Quercetum roboris* (союз *Lathyro-Quercion roboris*) (Willner, et al., 2016), часто трапляється в ценозах союзів *Aconito lycoctoni – Tilion cordatae* і *Aconito septentrionalis-Tilion cordatae* (Chytrý, et al., 2010). Кавказькі ліси з *Acer platanoides* і *Fraxinus excelsior* практично завжди мають домішку *Ulmus glabra*,

а в колхідських яружних лісах формується асоціація *Ulmetum glabrae* (Novák et al., 2020). На схилах Малого Кавказу в яружних лісах формується асоціація *Polysticho woronowii – Ulmetum glabrae* (союз *Alnion barbatae*) (Novák, Zukal, Kalníková, Chytrý, & Kavgaci, 2017). Тобто в умовах атлантичного клімату *Ulmus glabra* наближається за вимогами до *Fraxinus excelsior* і найчастіше трапляється в угрупованнях союзів *Alnion incanae* і *Tilio-Acerion*, порядку *Fagetalia sylvaticae*, класу *QUERCO-FAGETEА*. Із просуванням на схід екологічна фігура в'язу наближається до фігури дуба, а синтаксономія угруповань за його участю ілюструє рослинність термофільних лісів. Така широка синтаксономічна амплітуда *Ulmus glabra* зумовила формування лісових фітоценозів із різних класів рослинності. Тому синтаксономічна приналежність лісів на схилах гірських потоків Карпат потребували ретельного аналізу. Синтаксономічна структура досліджених фітоценозів дала змогу визначити

місце в'язових лісів у системі яружних лісів Покутських Карпат та зробити висновок про приналежність такого типу фітоценозів. Подібні дослідження дають змогу зрозуміти характеристики та умови формування біотопів, в яких виживають стійкі до «голландської хвороби» форми в'язу шорсткого.

Побіжний синтаксономічний аналіз засвідчив, що ліси за участю *Ulmus glabra* у Покутських Карпатах знайшли оригінальний біотоп, який дав змогу йому пережити епідемію «голландської хвороби». Це – холодна і волога ущелина гірського потоку із родючими органічними ґрунтами. Сама тераса, на якій росте в'яз, займає перехідну смугу між вільшинами і бучинами. Саме тому у синтаксономічній структурі таких лісів практично однакову роль відіграють характерні види союзів *Alno-Ulmion* і *Tilio platyphyllis-Acerion pseudoplatani*. Вплив фагетального комплексу в них практично не прослідковується, натомість завищена роль видів союзу *Carpinion betuli*, що для таких лісів є нехарактерним (рис. 6).

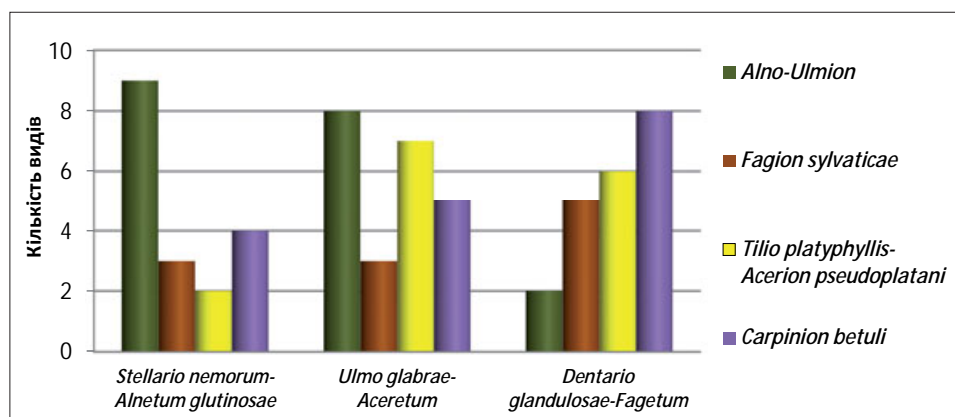


Рис. 6. Синтаксономічна структура асоціацій яружних лісів Покутських Карпат

Fig. 6. Syntaxonomic structure of the ravine complexes of the Pokutya Carpathians

**Висновки (Conclusions).** У Покутських Карпатах досліджено комплекс біотопів, які утворюють екологічний ряд гірської яружної рослинності. Тут завдяки комплексу чинників, серед яких важливу роль відіграли специфічні умови біотопу, збереглися великовікові особини *Ulmus glabra*, що пережили хвилі «голландської хвороби». Фітосоціологічна ідентифікація угруповань, які входять до комплексу гірських яружних лісів, засвідчила їх тісний генетичний зв'язок, що разом із специфічними мікрокліматичними та географічними чинниками і стали запорукою збереження стійкої до графіозу форми в'язу.

Ценопопуляція *Ulmus glabra* носить реліктовий характер, оскільки вона є залишком вологих лісів союзу *Alno-Ulmion*, які внаслідок динамічних змін рослинності і падіння рівня ґрунтових вод поступово трансформуються у ліси *Tilio platyphyllis-Acerion pseudoplatani*. Про це свідчать практично рівнозначна участь видів з обох союзів, а також незвично висока частка видів союзу *Carpinion betuli*. Обстежена ценопопуляція не належить до комплексу букових лісів, як традиційно вважається, а є

самостійним елементом угруповань рідкісної яружної гірської рослинності.

**Подяки (Acknowledgements).** Автори висловлюють щирі подяки мікологу Зінаїді Петрівні Косинській за допомогу у визначенні макроміцетів. Автори також вдячні рецензентам за фахові зауваження і цінні поради.

### Список літератури (References)

- Баранов, В.И. (1959). *Этапы развития флоры и растительности в третичном периоде на территории СССР*. Москва: Высшая школа [Baranov, V.I. (1959). *Stages of development of flora and vegetation in the Tertiary period on the territory of the USSR*. Moscow: Higher School] (in Russian)
- Голубець, М.А. (2003). Геоботанічне районування Українських Карпат – основа раціонального природокористування. *Праці Наукового товариства ім. Шевченка. Екологічний збірник, XII*, 283-292. [Golubec, M.A. (2003). Geobotanical zoning of the Ukrainian Carpathians is the basis of rational nature

- utilization. *Proceedings of the Scientific Society of them. Shevchenko*, 12, 283-292] (in Ukrainian)
- Дебринюк, Ю.М., Скольський, І.М. (2012). Особливості культивування насаджень за участю видів роду *Ulmus* L. у Західному Лісостепу України. *Наукові праці: Лісівнича академія наук України*, 10, 94-103. [Debryniyuk, Yu.M., & Skol'skiy, I.M. (2012). Cultivation characteristics of forest plantations with the presence of *Ulmus* L. Family in Western Forest Steppe region of Ukraine. *Scientific works: Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 10, 94-103. Retrieved from <http://fasu.nltu.edu.ua/index.php/nplanu/article/view/438>] (in Ukrainian)
- Зелена книга України (2009). Під заг. ред. Дідуха Я.П. Київ: Альтерпрес. 448 с. [*Green Book of Ukraine* (2009). Didukh, Ya.P. (Ed.). Kyiv: Alterpress. Retrieved from: <http://irbis-nbuv.gov.ua/ulib/item/UKR0002295>] (in Ukrainian)
- Рекомендації із збереження, відновлення та використання генетичних ресурсів цінних малопоширених лісових деревних видів у Карпатському регіоні і на прилеглих територіях (2005). *Наукові аспекти ведення сталого лісового господарства: Збірник рекомендацій УкрНДДігрліс*, 2, 7-28. [Guidelines for the Conservation, Restoration and Use of Genetic Resources of Valuable Lesser Forest Tree Species in the Carpathian Region and Adjacent Territories (2005). *Scientific aspects of sustainable forestry: Coll. recommendations of UkrNDI-girlis*, 2, 7-28] (in Ukrainian)
- Скольський, І.М. (2009). Голландська хвороба в'язових: поширення, етапи розвитку, перспективи та передумови затухання. *Науковий вісник національного лісотехнічного університету України*, 19 (1), 33-37. [Skol'skiy, I.M. (2009). Dutch elm disease: prevalence, stages of development, prospects and preconditions for attenuation. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 19 (1), 33-37. Retrieved from [https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2009/19\\_1/index.htm](https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2009/19_1/index.htm)] (in Ukrainian)
- Сорока, М. І. (2008). *Рослинність Українського Розточчя*. Львів: Світ. 432 с. [Soroka, M.I. (2008). *Vegetation of the Ukrainian Rostochia*. Lviv: Svit] (in Ukrainian)
- Aarrestad, P.A. (2000). Plant communities in broad-leaved deciduous forests in Hordaland county, Western Norway. *Nordic Journal of Botany*, 20 (4), 449-466. <https://doi.org/10.1111/j.1756-1051.2000.tb01588.x>
- Andrzejczyk, T., & Brzeziecki, B. (1995). The structure and dynamics of old-growth *Pinus sylvestris* (L.) stands in the Wigry National Park, north-eastern Poland. *Vegetatio*, 117 (1), 81-94
- Aravanopoulos, F.A., Tollefsrud, M.M., Graudal, L., Koskela, J., Kätzel, R., Soto, A., ... Bozzano, M. (2015). *Development of genetic monitoring methods for genetic conservation units of forest trees in Europe*. *European Forest Genetic Resources Programme (EUFORGEN)*, Bioversity International, Rome, Italy
- Austad, I., & Skogen, A. (1990). Restoration of a deciduous woodland in Western Norway formerly used for fodder production: effects on tree canopy and field layer. *Vegetatio*, 88 (1), 1-20
- Borlea, G.F. (2004). Ecology of elms in Romania. *Investigación agraria. Sistemas y recursos forestales*, 13, 29-35
- Braun-Blanquet, J. (1964). *Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde*. Wien-New York: Springer [Braun-Blanquet, J. (1964). *Plant sociology. Basic features of vegetation science*. Vienna-New York: Springer] (in German)
- Bunce, R.G.H., Bogers, M.M.B., Evans, D., Halada, L., Jongman, R.H.G., Mucher, C.A., & Olsvig-Whittaker, L. (2013). The significance of habitats as indicators of biodiversity and their links to species. *Ecological Indicators*, 33 (SI), 19-25. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.07.014>
- Campos, J.A., García-Mijangos, I., Herrera, M., Loidi, J., & Biurrun, I. (2011). Ravine forests (Tilio-Acerion) of the Iberian Peninsula. *Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*, 145 (1), 172-179. <https://doi.org/10.1080/11263504.2011.602738>
- Chase, M.W., Christenhusz, M.J., Fay, M.F., Byng, J.W., Judd, W.S., Soltis, ... Stevens, P.F. (2016). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 181 (1), 1-20. <https://doi.org/10.1111/boj.12385>
- Christenhusz, M.J.M., Reveal, J.L., Farjon, A., Gardner, M.F., Mill, R.R., & Chase, M.W. (2011). A new classification and linear sequence of extant gymnosperms. *Phytotaxa*, 19, 55-70. ISSN 1179-3163 (online edition)
- Chytrý, M., Danihelka, J., Horsák, M., Kočí, M., Kubešová, S., Lososová, Z., & Baisheva, E.V.Z. (2010). Modern analogues from the Southern Urals provide insights into biodiversity change in the early Holocene forests of Central Europe. *Journal of biogeography*, 37 (4), 767-780. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2009.02256.x>
- Council Directive 92/43/EEC. (1992). *On the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora (Official Journal L 206, 22/07/1992, P. 0007 – 0050)*
- De Rigo, D., Caudullo, G., Houston Durrant, T., & San-Miguel-Ayanz, J. (2016). *The European Atlas of Forest Tree Species: modelling, data and information on forest tree species*, e01aa69
- Devetaković, J., Čortan, D., & Maksimović, Z. (2019). Conservation of European White Elm and Black Poplar Forest Genetic Resource: Case Study in Serbia. In *Forests of Southeast Europe Under a Changing Climate* (pp. 165-186). Springer, Cham
- Devilliers P., & Devilliers-Terschuren J.A. (1998). *Classification of Palaearctic Habitats*, Council of Europ. Stasbourg, 78
- Diekmann, M. (1996). Ecological behaviour of deciduous hardwood trees in Boreo-nemoral Sweden in

- relation to light and soil conditions. *Forest Ecology and Management*, 86 (1-3), 1-14
- Doing, H. (1962). Systematische ordnung und floristische zusammensetzung Niederländischer wald- und gebüschgesellschaften. *Wentia*, 8 (1), 1-85. [Doing, H. (1962). Systematic arrangement and floristic composition of Dutch forest and bush communities. *Wentia*, 8 (1), 1-85] (in German)
- Ellenberg, H. & Klotzli, F. (1972). Waldgesellschaften und Waldstandorte der Schweiz. *Mitteilungen der Schweizerischen Anstalt für die Forstforschung*, 48, 587-930 [Ellenberg, H., & Klotzli, F. (1972). Forest companies and forest sites of Switzerland. *Messages from the Swiss Anstalt for forestry research*, 48 (4), 587-930] (in German)
- Filipiak, M., & Napierała-Filipiak, A. (2015). *Zarys ekologii. Wiazzy*. Poznan: Wydawnictwo Naukowe [Filipiak, M., & Napierała-Filipiak, A. (2015). *Outline of ecology: Elms*. Poznań: Scientific Publishing House] (in Polish)
- Fremstad, E. (1983). Role of black alder (*Alnus glutinosa*) in vegetation dynamics in West Norway. *Nordic Journal of Botany*, 3 (3), 393-410
- Fukarek, F. (1967). *Fitosocjologia*. Warszawa: PWR i L. [Fukarek, F. (1967). *Phytosociology*. Warsaw: PWR and L.] (in Polish)
- Gravendeel, B., Eurlings, M., & Heijerman, T. (2009). Use of DNA barcoding for host plant identification. *Entomologische Berichten*, 69 (2), 30-35
- Index Fungorum*. Retrieved from <http://www.indexfungorum.org>
- Kirisits, T., & Franz, W. R. (2006). Zwei Hopfenbuchen-Bergulmen-Bestände in Südkärnten, die bisher noch nicht von der Holländischen Ulmenwelke betroffen sind1. *Bundesforschungs-und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft (BFW). Institut für Waldschutz*, 37, 21. [Kirisits, T., & Franz, W. R. (2006). Two stands of hop beech and mountain elm in southern Carinthia that have not yet been affected by Dutch elm wilt1. *Federal Research and Training Center for Forests, Natural Hazards and Landscape (BFW). Institute for Forest Protection*, 37, 21] (in German)
- Leuschner, C., & Ellenberg, H. (2017). *Ecology of Central European Non-Forest Vegetation: Coastal to Alpine, Natural to Man-Made Habitats: Vegetation Ecology of Central Europe*. Wien – New York: Springer
- Matuszkiewicz, W. (2013). *Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski*. Warszawa: PWN [Matuszkiewicz, W. (2013). *Guide for the determination of plant communities in Poland*. Warszawa: PWN] (in Polish)
- Merton, L. F. H. (1970). The history and status of the woodlands of the Derbyshire limestone. *The Journal of Ecology*, 723-744. Retrieved from <https://www.jstor.org/stable/2258532>
- Monteiro-Henriques, T., Costa, J. C., Bellu, A., & Aguiar, C. (2010). Fraxino Angustifoliae-Ulmetum Glabrae: An original endemic and extremely localized forest from mainland Portugal. *Braun-Blanquetia*, 46, 323-327. Retrieved from <https://library.org/document/yeejw81y-fraxino-angustifoliae-ulmetum-glabrae-original-extremely-localized-portugal.html>
- Müller, Th., Oberdorfer, E. & Seibert, P. (1992). *Süddeutsche Pflanzengesellschaften*. Teil IV. *Wälder und Gebüsch*. Jena: Gustav Fischer. [Müller, Th., Oberdorfer, E. & Seibert, P. (1992). *Southern German Plant Societies*. Part IV. *Forests and shrubs*] (in German)
- Novák, P., Zukal, D., Harásek, M., Vlčková, P., Abdaladze, O., & Willner, W. (2020). Ecology and vegetation types of oak-hornbeam and ravine forests of the Eastern Greater Caucasus, Georgia. *Folia Geobotanica*, 55(4), 333-349 <https://doi.org/10.1007/s12224-020-09386-0>
- Novák, P., Zukal, D., Kalníková, V., Chytrý, K., & Kavgaci, A. (2017). Vegetation of low-altitudinal mesophilous forests in south-western Georgia (Colchic Region). In 26 th Congress of the <https://www.med.muni.cz/en/research-and-development/research-and-development/publikacni-cinnost/publikace-1f-mu/1390182>
- Odland, A. (1992). A synecological investigation of *Matteuccia struthiopteris* – dominated stands in Western Norway. *Vegetatio*, 102 (1), 69-95. Retrieved from <https://www.jstor.org/stable/20046201>
- Paal, J. (2009). The forests of the North-Estonian Klint; the north-easternmost representatives of the EU Habitat Directive Tilio-Acerion forests of slopes, screes and ravines. In *Annales Botanici Fennici* (pp. 525-540). Finnish Zoological and Botanical Publishing Board
- Peterken, G. F., & Mountford, E. P. (1998). Long-term change in an unmanaged population of wych elm subjected to Dutch elm disease. *Journal of Ecology*, 86 (2), 205-218. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2745.1998.00255.x>
- Piedallu, C., Gégout, J. C., Lebourgeois, F., & Seynave, I. (2016). Soil aeration, water deficit, nitrogen availability, acidity and temperature all contribute to shaping tree species distribution in temperate forests. *Journal of Vegetation Science*, 27 (2), 387-399. <https://doi.org/10.1111/jvs.12370>
- Rodwell, J. (Ed.). (1991). *British Plant Communities*. Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9780521235587>
- Scamoni, A. (1967). *Einführung in die praktische Vegetationskunde*. Berlin: Deutsche Verlag der Wissenschaften [Scamoni, A. (1967). *Introduction to practical phytosociology*. Berlin: German publishing house of the sciences] (in German)
- Shwarz, M. B. (1922). Das Zweigsterben der Ulmen. Trauerweiden und Pflirschbaume. *Thesis Univ. Utrecht*, 1-73. [Shwarz, M. B. (1922). The branch dying of the elms. Weeping willows and peach trees. *Thesis Univ. Utrecht*, 1-73] (in German)
- Surina, B., & Dakskobler, I. (2013). Phytosociology and ecology of the Dinaric fir-beech forests (*Omphalodofagetum*) at the north-western part of the Illyrian



- floral province (NW Dinaric Alps). *Hacquetia*, 12 (1). <https://doi.org/10.2478/hacq-2013-0002>  
The Plant List. Retrieved from <http://www.theplantlist.org>
- Thomas, P.A., Stone, D., & La Porta, N. (2018). Biological flora of the British Isles: *Ulmus glabra*. *Journal of Ecology*, 106 (4), 1724-1766. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12994>
- Willner, W., Solomeshch, A., Čarni, A., Bergmeier, E., Ermakov, N., & Mucina, L. (2016). Description and validation of some European forest syntaxa – a supplement to the EuroVegChecklist. *Hacquetia*, 15 (1), 15-25. <https://doi.org/10.1515/hacq-2016-0005>
- Wysocki, C., & Sikorski, P. (2002). *Fitosocjologia stosowana*. Warszawa: Wyd-wo SGGW. [Wysocki, C., & Sikorski, P. (2002). *Applied phytosociology*. Warsaw: SGGW Publisher] (in Polish)

### The relict population *Ulmus glabra* Huds. in Pokuttya Carpathian Mountains

P. Plichtyak<sup>1</sup>, A. Woźniak<sup>2</sup>, M. Soroka<sup>3</sup>, A. Oniskiv<sup>4</sup>

In the area of Kosów forestry in the Pokuttya Carpathians, a population of *Ulmus glabra* with 15 trees, about 100 years old, was found, which survived the epidemic of “Dutch disease” in the last century. Under a tent made of large trees, young elms were restored to an area of about 1 hectare. A unique population, not recorded in the current taxonomic descriptions of the enterprise, was formed on the southern slope of a forest stream in a deep ravine occupied by phytocoenoses of three forest vegetation communities that change as they move away from the water surface – *Stellario nemorum-Alnetum glutinosae*, *Ulmo glabrae-Aceretum pseudoplatani*, *Dentario glandulosae-Fagetum*. Large specimens of *Ulmus glabra* survived only on the first

terrace in the watercourse, creating another strip of black alder in the decline of ravine forests. There is a specific microclimate in the conditions of forest ravines and phytocoenoses of hygrophilous forest vegetation are formed. The discovery of the ancient *Ulmus glabra* in the Pokuttya Carpathians is an important scientific discovery that foresters can use to reproduce elm forests, and the seeds and the younger generation will serve as a reserve for genetic plantations to restore “Dutch disease” resistant forms of this species.

The distribution and syntaxonomic affiliation of forest assemblies, which include *Ulmus glabra*, have not been fully investigated, and the names of the teams in different regions of Europe, even based on the ecological-floristic school, differ significantly and are often incorrectly verified. It was found that the multi-vector diversity of European vegetation has resulted in a variety of habitats in which *Ulmus glabra* grows. Due to its large ecological and syntaxonomic amplitude, the elm is part of forest and shrub communities of at least three vegetation classes, including riparian and ravine forests, felling, mountain beech forests and sycamore forests, and thermophilic oak forests. It is an element of lowland deciduous or ravine mountain forests, which determines its participation in the syntaxa of various compounds, and sometimes different classes of vegetation.

The study of the species composition and phytosociological features of ravine forests with *Ulmus glabra* was carried out on the basis of the ecological-floristic classification and the method of Braun-Blanquet (1964). The syntaxonomic structure of the studied phytocoenoses made it possible to determine the place of elm in the wetlands of the Pokuttya Carpathians, to determine the features and conditions of the formation of biotopes in which resistant forms of elms survive. The syntaxonomic analysis showed that the elm forests in the Pokuttya Carpathians found their original habitat, which allowed them to survive the epidemic of “Dutch disease”. It is a cold and damp mountain stream gorge with fertile organic soils, and the terrace where the elm grows occupies a transitional strip between alder and beech forests. The population of *Ulmus glabra* is relict because it is a remnant of the ancient wet forests of the *Alno-Ulmion* compound, which, as a result of dynamic changes in vegetation and the decrease in groundwater level, gradually transform into the forests of the *Tilio platyphyllis-Acerion pseudoplatani* compound. This is evidenced by the almost equal share of species from both unions, as well as the extremely high share of species of the *Carpinion betuli* compound. The studied population does not belong to the beech forest complex, but is part of an independent syntaxon of rare mountain ravine vegetation.

**Key words:** mountain elm; biodiversity; forest ecosystems; vegetation syntaxa; Braun-Blanquet method; *Stellario nemorum-Alnetum glutinosae*; *Ulmo glabrae-Aceretum pseudoplatani*; *Dentario glandulosae-Fagetum*.

<sup>1</sup> *Petro Plichtyak* – Forestry, state Enterprise “Kuty Forestry”, 1 Sichovye Streltsiv st., smt. Yabluniv, 78621, Kosiv district, Ivano-Frankivsk region, Ukraine. Phone: +38-03478-3-66-44. E-mail: [kdlhlis@ukr.net](mailto:kdlhlis@ukr.net)

<sup>2</sup> *Andrzej Woźniak* – Professor, Doctor Habilitated, Professor of the Department of Herbology and Plant Cultivation Techniques, University of Life Sciences in Lublin, 13 Akademicka st., Lublin 20-950, Poland. Phone: +48-814-456-610. E-mail: [andrzej.wozniak@up.lublin.pl](mailto:andrzej.wozniak@up.lublin.pl) ORCID <https://orcid.org/0000-0002-9845-7003>

<sup>3</sup> *Myroslava Soroka* – Full Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Botany, Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. Phone: +38-032-239-27-11. E-mail: [myroslava\\_soroka@yahoo.com](mailto:myroslava_soroka@yahoo.com) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1037-6904>

<sup>4</sup> *Andriy Oniskiv* – Director, State Enterprise “Kuty Forestry”, 1 Sichovye Streltsiv st., smt. Yabluniv, 78621, Kosiv district, Ivano-Frankivsk region, Ukraine. Phone: +38-03478-3-66-44. E-mail: [kdlhlis@ukr.net](mailto:kdlhlis@ukr.net)

## 2. ЛІСОЗНАВСТВО ТА 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/10.15421/412125>  
Article received 2021.08.22  
Article accepted 2021.12.29

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

UDC 630.4

### Prediction of changes in the health condition of silver birch (*Betula pendula* Roth.)

V. Meshkova<sup>1</sup>, Y. Koshelyaeva<sup>2</sup>, M. Koliienkina<sup>3</sup>, I. Shvydenko<sup>4</sup>

*Silver birch (Betula pendula Roth.) forms softwooded broadleaved forests in various natural zones. It is widely used in protective afforestation and urban plantings, it is a pioneer species in the clear-cuts and burnt areas. However, the global warming and anthropogenic pressure promote the susceptibility of silver birch to pests and pathogens.*

*The aim of the research was to assess the trends in the health condition dynamics of silver birch stands depending on forest site conditions and the initial health condition of the trees.*

*The research was carried out in the 2015-2019 period in the Silver birch forest stands in Kharkiv region in fresh fairly poor forest site conditions (B<sub>2</sub>), fresh fairly fertile forest site conditions (C<sub>2</sub>), and fresh fertile forest site conditions (D<sub>2</sub>). All the stands were 40-45 years old and had a relative density of stocking 0.7–0.8.*

*Health condition class was visually assessed for each tree in July of each year according to “Sanitary rules in the forests of Ukraine”. For each group of sample plots, which corresponded to the main types of forest site conditions, the probability of improvement of health condition, deterioration of health condition, and mortality in 2019 was calculated depending on their health condition in 2015.*

*In each year of the studies (2015-2019), the health condition of silver birch stands was the worst in fresh fertile site conditions, which was due to the bacterial wet wood disease. In the fresh fertile forest site conditions, no tree of the 4<sup>th</sup> class of health condition improved it during the 2015-2019 period, and in fresh fairly fertile forest site conditions 27.7% of silver birch trees improved their health condition. In each type of forest site conditions, the probability of mortality in*

<sup>1</sup> Valentyna Meshkova – Full Member of Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Doctor habil. (Agricultural Sciences), Professor, The G. M. Vysotsky Ukrainian Research Institute of Forestry & Forest Melioration, 86 Pushkinska st., Kharkiv, 61024, Ukraine. Tel.: +38(097)371-94-58. E-mail: [Valentynameshkova@gmail.com](mailto:Valentynameshkova@gmail.com) ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6483-2736>

<sup>2</sup> Yana Koshelyaeva – PhD, The V. V. Dokuchaev Kharkiv National Agrarian University, 62483, Kharkiv region, Kharkiv district, “Dokuchaevske – 2”, Ukraine. Tel.: +38(099)131-45-28. E-mail: [yana120783@i.ua](mailto:yana120783@i.ua) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5164-3204>

<sup>3</sup> Maryna Koliienkina – PhD, Associate Professor at the Department of landscape design and landscape art. The O. M. Beketov Kharkiv National University of Urban Economy, 17 Marshal Bazhanov st., Kharkiv, 61002, Ukraine. Tel. +38(067)696-62-04. E-mail: [kolenkinamarina@gmail.com](mailto:kolenkinamarina@gmail.com) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5612-0947>

<sup>4</sup> Inna Shvydenko – PhD, Associate Professor at the Department of Horticulture. The V. V. Dokuchaev Kharkiv National Agrarian University, 62483, Kharkiv region, Kharkiv district, “Dokuchaevske – 2”, Ukraine. Tel. +38(050)630-73-62. E-mail: [i.shvydenko.mikulina@gmail.com](mailto:i.shvydenko.mikulina@gmail.com) ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4383-7604>

more weakened silver birch specimens is higher. The probability of silver birch mortality of any class of health condition was the highest in the fresh fertile forest site conditions and the lowest in the fresh fairly poor forest site conditions.

**Key words:** forest site condition; health condition class; tree mortality; death probability.

**Introduction.** Silver birch (*Betula pendula* Roth.) forms softwooded broadleaved forests in various natural zones (Hytönen, Saramäki, & Niemistö, 2013; Vindstad et al., 2019). It is of great forestry importance as a forest-forming, fast-growing, and soil-improving species, it is widely used in protective afforestation and urban plantings, is a pioneer species in the clear-cut and burnt areas, it forms pure or mixed stands (Ozolinčius et al., 2016). The admixture of silver birch in the composition of pine stands helps to reduce the risk of spreading fires, some pine diseases, improving the conditions of litter decomposition, greater penetration of precipitation under the crowns (Maleki, & Kiviste, 2016).

Tree health assessment and prediction of its health condition is important for forest management strategy (Boeck, Dieler, Biber, Pretzsch, & Ankerst, 2014; Bircher, Cailleret, & Bugmann, 2015). The effect of factors weakening forest stands does not always lead to their immediate death. In favorable forest site conditions and under favorable weather conditions, the health condition of trees can improve or remain stable for several years. Therefore, a comparison of the dynamics of the health condition of trees in different forest growth conditions is of practical interest. Different approaches have been developed for early detection of the first symptoms and signs of tree weakening as well as for prediction of tree mortality for different tree species (Cailleret et al., 2016; Maleki & Kiviste, 2016; Hülsmann, Bugmann, & Brang, 2017).

Our previous studies in urban plantings made it possible to evaluate the probability of surviving or dying of silver birch trees with the different initial health condition (Meshkova, Koshelyaeva, & Koliienkina, 2019). Taking into account the differences in the features in urban and forest stands, we made an attempt

to assess changes in the health condition of silver birch trees in forest stands on the basis of five-year monitoring of different forest site conditions.

**Objects and methods.** *Object of research* – the trends in health condition dynamics for silver birch forest stands. *Subject of research* – the trends in the health condition dynamics of silver birch stands depending on forest site conditions and the initial health condition of the trees.

*The aim of the research* was to assess the trends in the health condition dynamics of silver birch stands depending on forest site conditions and the initial health condition of the trees.

The research was carried out in the 2015-2019 period in the Silver birch forest stands in Kharkiv region. Taking into account the results of the analysis of forest inventory databases of the forest fund of forestry enterprises of the Left Bank Forest-Steppe (Meshkova, & Koshelyaeva, 2015) regarding the predominance of silver birch in fresh fairly poor forest site conditions ( $B_2$ ), fresh fairly fertile forest site conditions ( $C_2$ ) and fresh fertile forest site conditions ( $D_2$ ), we selected data on silver birch health condition from nine sample plots – three ones for each type of forest site conditions (Tab. 1). All the stands were 40–45 years old and had a relative density of stocking 0.7–0.8.

These sample plots are located in Zdonetske forest district of the Zmiiv Forestry Enterprise, as well as in Dergachivske and Pivdenne forest districts of Kharkiv Forest Research Station of the G. M. Vysotsky Ukrainian Research Institute of Forestry & Forest Melioration. In the forest stands of Zdonetske and Dergachivske forest districts, the birch was planted in rows together with Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) (8 rows of Scots pine, 2 rows of silver birch).

Table 1

Characteristics of sample plots in silver birch stands

Code of sample plot	Index of the type of forest site conditions	Diameter, cm	Hight, m	Age, years	Number of birch trees
Zdonetske-1	$B_2$	21.5	19.5	45	59
Zdonetske-2	$B_2$	23.7	22.5	45	61
Zdonetske-3	$B_2$	19.0	18.0	45	73
Dergachivske-1	$C_2$	25.0	20.5	45	100
Dergachivske-2	$C_2$	25.2	21.5	45	100
Dergachivske-3	$C_2$	18.5	15.5	45	118
Pivdenne-1	$D_2$	25.4	22.0	40	103
Pivdenne-2	$D_2$	18.2	24.5	40	100
Pivdenne-3	$D_2$	19.2	22.5	40	209

In Pivdenne forest district, the birch was planted in 2–6 rows at the clear-cutting of oak stands. The stands with sample plots are allocated in separate subcompartments, and the composition of tree species in neighboring subcompartments is typical for the fresh maple-linden oak stand, particularly English oak (*Quercus robur* L.), small-leaved linden (*Tilia cordata* Mill.), and Norway maple (*Acer platanoides* L.).

Health condition class was visually assessed for each tree in July of each year.

The category (class) of health condition for each tree was evaluated on a range of visual characteristics according to “Sanitary rules in the forests of Ukraine” (Sanitary Forests Regulations, 2016) by the following classes: 1<sup>st</sup> – healthy; 2<sup>nd</sup> – weakened; 3<sup>rd</sup> – severely weakened; 4<sup>th</sup> – drying up; 5<sup>th</sup> – recently died; 6<sup>th</sup> – died over a year ago. Health condition index (HCI) was calculated as mean weighted from trees number of each class of health condition, separately for all living and dead trees (HCI<sub>1-6</sub>) and for living trees only (HCI<sub>1-4</sub>).

The tree mortality was expressed as a percentage of dead trees for the research period out of the total trees in 2015.

For each group of sample plots, which corresponded to the main types of forest site conditions, the probability

of improvement of health condition, deterioration of the health condition, and mortality in 2019 were calculated depending on their health condition in 2015. For example, if in 2015 there were 20 trees of HCI<sub>1-6</sub>=1, and in 2019 10 trees worsened the HCI<sub>1-6</sub> to class 2 and 5 trees to class 3, the probability of deterioration to HCI<sub>1-6</sub>=2 is 50% (10: 20 × 100%), and deterioration to HCI<sub>1-6</sub>=3 is 25% (5: 20 × 100%).

Summary statistics (Atramentova, & Utevskaia, 2008) was performed using Microsoft Excel applications and statistical software package PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis (Hammer, Harper, & Ryan, 2001).

**Results.** In each year of the study (2015–2019), the health condition, determined taking into account all viable and dead trees (HCI<sub>1-6</sub>), was the worst in fresh fertile site conditions (Tab. 2). The value of the health condition index in fresh fertile site conditions defined taking into account only viable trees (HCI<sub>1-4</sub>), briefly decreased in 2018 but increased the following year. In the fresh fairly fertile forest site conditions, the situation was similar – a decrease in the indices of health condition of birch trees in the year of selective sanitary felling (2018), followed by an increase in this index.

Table 2

**Dynamics of health condition index of the birch stands in different types of forest site condition (numerator – HCI<sub>1-6</sub>, denominator – HCI<sub>1-4</sub>)**

Index of the type of forest site conditions	Years				
	2015	2016	2017	2018	2019
B <sub>2</sub>	1.90 / 1.80	2.10 / 1.90	2.30 / 2.10	1.60 / 1.60	1.76 / 1.69
C <sub>2</sub>	2.15 / 2.00	2.24 / 2.10	1.75 / 1.60	2.26 / 1.70	2.34 / 1.80
D <sub>2</sub>	2.10 / 2.10	2.50 / 2.30	2.80 / 2.37	3.10 / 2.26	3.24 / 2.41

The average index of the health condition HCI<sub>1-6</sub> of silver birch stands for the 2015–2019 period was 1.9, 2.1, and 2.7 in the fresh fairly poor, fresh fairly fertile and fresh fertile forest site conditions, respectively, and HCI<sub>1-4</sub> was 1.8, 1.8, and 2.3 at the same forest site conditions, respectively.

The birch trees of the 1<sup>st</sup> class of health condition could either remain healthy or worsen the condition to the 2<sup>nd</sup> – 6<sup>th</sup> classes. The analysis of the data shows that most trees with HCI<sub>1-6</sub>=1 did not change the health condition in fresh poor forest site conditions (Fig. 1).

87.7% of trees in the fresh fertile forest site conditions, 54.7% in the fairly fertile forest site conditions, and 34.5% in fairly poor forest site conditions worsened the condition to HCI<sub>1-6</sub>=3. The mortality in 2019 of trees that had the 1<sup>st</sup> class of health condition in 2015 was the lowest in fairly poor forest site conditions and almost similar in the fresh fairly fertile and fresh fertile forest site conditions (see Fig. 1).

Silver birch trees, which in 2015 had the 2<sup>nd</sup>, 3<sup>rd</sup>, and 4<sup>th</sup> classes of health condition, over four years could improve the condition, worsen or remain unchanged. In the total sample set of data, the share of trees that

did not change the health condition from HCI<sub>1-6</sub>=2 is very close in different types of forest conditions and averages 33.4% (Fig. 2). The proportion of trees that improved their health condition over four years is the largest in the fresh fairly poor forest site conditions (42.6%) and it is the lowest in the fresh fertile forest site conditions (3.7%). However, the proportion of trees which worsened their health condition for these years increased from fresh fairly poor forest site conditions (17.6%) to the fresh fertile forest site conditions (51.7%) (see Fig. 2).

Most of the trees of silver birch which had the 3<sup>rd</sup> class of health condition in 2015 did not change their health condition over four years in the fresh fairly poor forest site conditions (73.9%) (Fig. 3). In the fresh fertile forest site conditions, only 25.5% did not change their health, and most of the trees (44.4%) worsened it.

The probability of improvement and deterioration over 4 years of the health condition of trees that had the 3<sup>rd</sup> class of health condition in 2015 is almost the same in the overall sample (23.6 and 25.9%). The probability of improving the health condition of trees

in the fresh fairly poor forest site conditions is almost three times more than its worsening (19.4 and 6.7%, respectively), and in fresh fairly fertile and fresh fertile forest site conditions the probability of worsening of the health condition of silver birch is slightly greater than its improvement (1.1 and 1.5 times, respectively) (see Fig. 3).

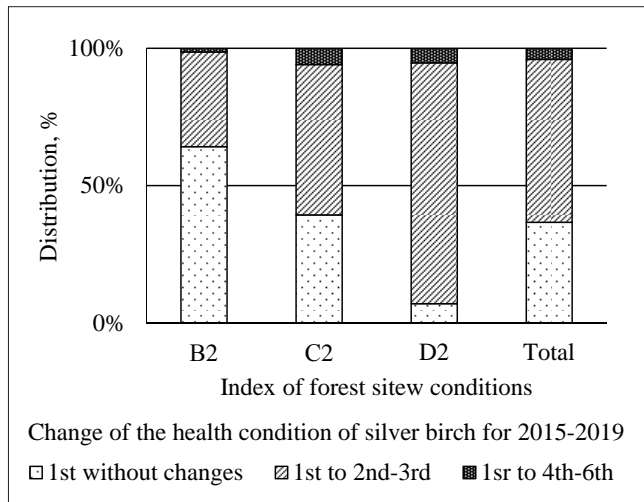


Fig. 1. Probability of the change of the health condition of silver birch of the 1<sup>st</sup> class of health condition for 2015-2019 in different types of forest site conditions

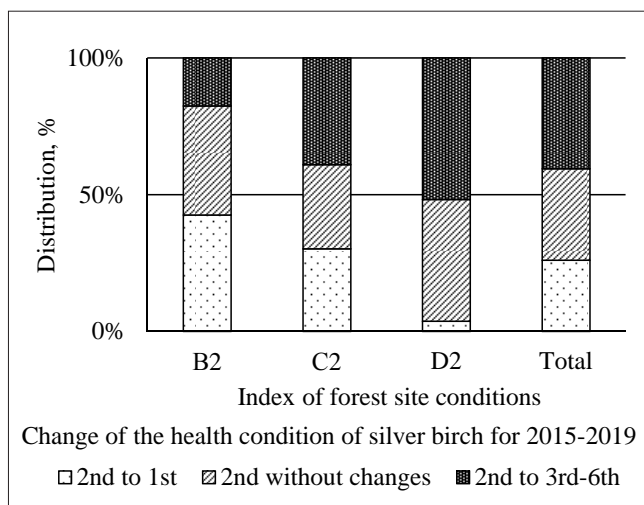


Fig. 2. Probability of the change of the health condition of silver birch of the 2<sup>nd</sup> class of health condition for 2015-2019 in different types of forest site conditions

In the fresh fairly poor forest site conditions, the trees of silver birch of the 4<sup>th</sup> class of health condition in 2015 were removed the following years by selective sanitary felling. Most of the trees of the 4<sup>th</sup> class of the health condition in 2015 died in 2019 (72.3 and 93.8% in the fresh fairly fertile and fresh fertile forest site conditions, respectively) (Fig. 4).

In the fresh fertile forest site conditions, no tree of the 4<sup>th</sup> class of health condition improved the health condition over 4 years, and in fresh fairly fertile forest site conditions 27.7% of silver birch trees improved their health condition (see Fig. 4).

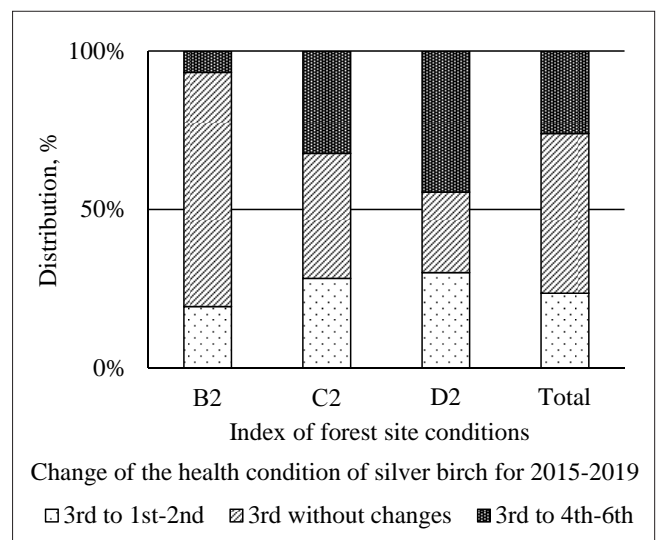


Fig. 3. Probability of the change of the health condition of silver birch of the 3<sup>rd</sup> class of health condition for 2015-2019 in different types of forest site conditions

We calculated the probability of mortality of silver birch trees that had the 1<sup>st</sup>, the 2<sup>nd</sup>, the 3<sup>rd</sup> and the 4<sup>th</sup> classes of the health condition, depending on the type of forest site conditions (Fig. 5).

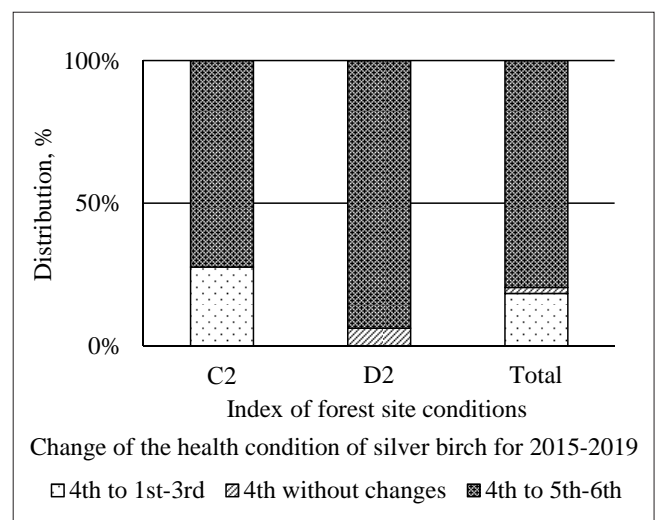


Fig. 4. Probability of the change of the health condition of silver birch of the 4<sup>th</sup> class of health condition for 2015-2019 in different types of forest site conditions (the trees which had the 4<sup>th</sup> class of health condition in 2015 in the fresh fairly poor forest site conditions were removed the following years by selective sanitary felling)

As in each type of forest site conditions, and in the joint sample of silver birch trees, the probability of mortality in more weakened specimens is higher.

Thus, in the joint sample of data, the probability of mortality of silver birch trees of the 1<sup>st</sup>, the 2<sup>nd</sup>, the 3<sup>rd</sup>, and the 4<sup>th</sup> classes of the health condition is 3.9; 16.4; 30.4, and 62.4%. The probability of silver birch mortality of any class of the health condition is the highest in the fresh fertile forest site conditions and the lowest in the fresh fairly poor forest site conditions (see Fig. 5).

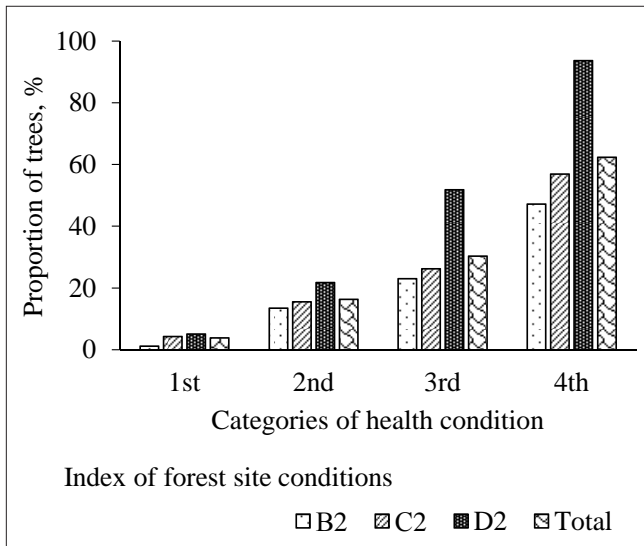


Fig. 5. Probability of mortality in 2019 the trees of silver birch with a different health condition in 2015 in different types of forest site conditions

The relationship between the probability of mortality of silver birch trees (Y) and the initial class of the health condition (X) is satisfactorily described by the polynomial dependency of degree 2 (Fig. 6).

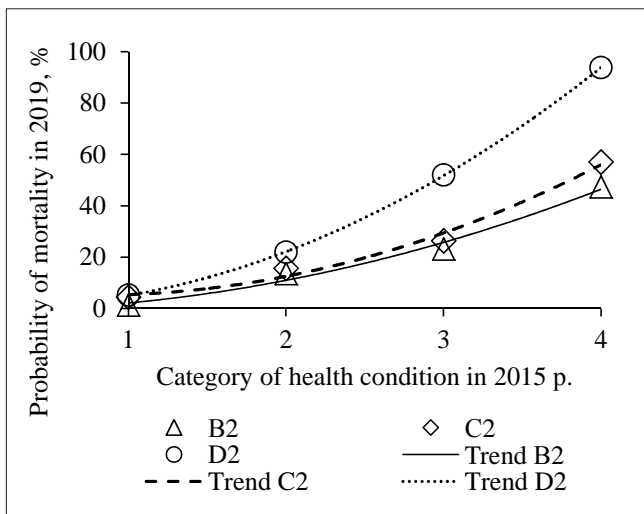


Fig. 6. Probability of mortality in 2019 the trees of silver birch depending on forest site conditions and the health condition index in 2015  
 (in B<sub>2</sub>:  $Y = 2.97x^2 - 0.06x - 0.8$ ;  $R^2 = 0.9866$ ;  
 in C<sub>2</sub>:  $Y = 4.86x^2 - 7.43x + 7.93$ ;  $R^2 = 0.9862$ ;  
 in D<sub>2</sub>:  $Y = 6.28x^2 - 1.80x + 0.59$ ;  $R^2 = 0.9898$ )

For each forest site condition, the coefficient of determination  $R^2$  exceeds 0.98, and the correlation coefficient  $R > 0.99$  (Fig. 6). At 3 degrees of freedom and  $P = 0.05$ , the limit value of the correlation coefficient  $R$  is 0.83. The calculated correlation coefficient exceeds this value. Hence the dependence of tree mortality in 2019 on the health condition index in 2015 is confirmed statistically.

Comparison of the data for assessing the mortality rate of birch trees of different classes of the health condition shows very similar values obtained in

the forest (see Fig. 6) and park stands, where the probability of mortality of silver birch trees of the 1<sup>st</sup>, the 2<sup>nd</sup>, the 3<sup>rd</sup> and the 4<sup>th</sup> classes of the health condition for 2015–2019 was evaluated as 3.5, 10.7, 36.9, and 84.6% (Meshkova et al., 2019).

**Discussion.** The global warming and anthropogenic pressure promote the susceptibility of trees to pests and pathogens (Heimonen et al., 2015; Nguyen et al., 2017; Shvidenko, Buksha, Krakovska, & Lakyda, 2017; Vindstad et al., 2019), particularly silver birch in the Forest-steppe zone (Parkhomenko, Chernyshov, & Hromova, 2013; Skrylnik, Koshelyaeva, & Meshkova, 2019) and in Polissya (Goychuk, Drozda, & Shvets, 2018).

The tree mortality was predicted by different research teams using spatially explicit competition indices (Boeck et al., 2014), empirical mortality models (Bircher et al., 2015), logistic tree mortality models based on ring-width data (Cailleret et al., 2016), using forest inventory data (Hülsmann et al., 2017).

We evaluated the probability of the changes in the health condition and mortality of trees of different initial health condition when studying urban plantations of silver birch (Meshkova et al., 2019). It was shown that the weakened silver birch stand which contains trees of 1<sup>st</sup> – 3<sup>rd</sup> classes of health condition is able to restore condition to a healthy one, and the deterioration may be expected only for severely weakened trees (having 3<sup>rd</sup> class of health condition in 2015). A silver birch stand which has the trees of 2<sup>nd</sup> – 4<sup>th</sup> health condition classes is most likely to weaken even more severely over 4 years.

However, the urban plantings are under stronger influence of higher temperature and traffic pollution than forest stands (Tubby, & Webber, 2010; Hilbert et al., 2019; Klein, Koeser, Hansen, & Escobedo, 2019). This could have an effect on the health condition of silver birch.

Current research in the forest stands has shown that in each year of research the health condition of silver birch was the worst in fresh fertile site conditions.

The worst condition of silver birch in the fresh fairly fertile and fresh fertile forest site conditions is associated with its infection by bacterial wet wood disease (Meshkova, & Koshelyaeva, 2017). The wet wood disease is one of the most injurious diseases of birch caused by the bacterium *Enterobacter nimipressuralis*. Stem insects play a great part in its dissemination because they are contaminated with the pathogen during development under the bark or in the wood and then convey the infection to the healthy tree during maturation feeding or tree colonizing (Goychuk et al., 2018).

Our studies, conducted during the 2015–2019 period, showed that the proportion of trees which worsened their health condition for these years from the 1<sup>st</sup>, 2<sup>nd</sup>, 3<sup>rd</sup> of 4<sup>th</sup> class of health condition increased from fresh fairly poor forest site conditions to the fresh fertile forest site conditions. The probability of silver birch mortality of any class of the health condition was also the highest in the fresh fertile forest site conditions.

The dependence of silver birch tree mortality in 2019 on the health condition index in 2015 is confirmed statistically for each type of forest site conditions.

Comparison of the data for assessing the mortality rate of birch trees of different classes of health condition shows very similar values obtained in this research for forest and those obtained in previous research for park plantings.

The probability of mortality of silver birch trees of the 1<sup>st</sup>, the 2<sup>nd</sup>, the 3<sup>rd</sup>, and the 4<sup>th</sup> classes of health condition for the 2015–2019 period in urban plantings was evaluated as 3.5, 10.7, 36.9, and 84.6 % (Meshkova et al., 2019), and in the current research, it was 3.9, 16.4, 30.4, and 62.4 % for the pooled sample of data.

The wet wood disease was the main cause of silver birch weakening and mortality. Our prediction makes it possible to evaluate the probability of mortality of the silver birch in different forest site conditions and to decrease the losses of timber by survey and selective sanitary felling in time.

The analysis can be deepened taking into account the increase in the duration of monitoring and the involvement of meteorological indicators.

**Conclusions.** In each year of research (2015–2019), the health condition of silver birch was the worst in fresh fertile site conditions. The worst health condition of silver birch in the fresh fairly fertile and fresh fertile forest site conditions is associated with its infection by bacterial wet wood disease.

During the 2015–2019 period, the health condition changed from the 1<sup>st</sup> class to the 3<sup>rd</sup> one in 87.7, 54.7 and 34.5% of birch trees in the fresh fertile, fresh fairly fertile, and fresh fairly poor forest site conditions, respectively. The proportion of trees which worsened their health condition for these years from the 2<sup>nd</sup> class of health condition increased from fresh fairly poor forest site conditions (17.6 %) to the fresh fertile forest site conditions (51.7 %). The probability of improving the health condition of trees of the 3<sup>rd</sup> class of health condition in the fresh fairly poor forest site conditions is almost three times more than its worsening (19.4 and 6.7 %, respectively), and in fresh fairly fertile and fresh fertile forest site conditions the probability of worsening of the health condition of silver birch is slightly greater than its improvement (1.1 and 1.5 times, respectively).

In the fresh fertile forest site conditions, no tree of the 4<sup>th</sup> class of health condition improved it during the 2015–2019 period, and in fresh fairly fertile forest site conditions 27.7% of silver birch trees improved their health condition.

In each type of forest site conditions, the probability of mortality in more weakened silver birch specimens is higher. The probability of silver birch mortality of any class of health condition was the highest in the fresh fertile forest site conditions and the lowest in the fresh fairly poor forest site conditions.

**Acknowledgements.** The paper was done by the authors in the framework of a research plan of URIFFM (grant 0115U001203), which was supported by the State Forest Resources Agency of Ukraine. The authors

would like to thank Prof. Volodymyr Pasternak and the anonymous reviewers for their valuable pieces of advice during the preparation of this manuscript.

## References

- 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. ISBN 978-966-2129-26-7] (in Russian)
- Мешкова, В. Л., & Кошеляева, Я. В. (2017). Санитарное состояние березы повислой (*Betula pendula* Roth.) в различных лесорастительных условиях Левобережной лесостепи Украины (2017). *Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии*, 220, 155-168. <https://doi.org/10.21266/2079-4304.2017.220> [Meshkova, V.L., & Koshelyaeva, Ya.V. (2017) Health condition of silver birch (*Betula pendula* Roth.) in different forest site conditions of the Left-bank Forest Steppe of Ukraine. *Proc. St. Petersburg For. Tech. Acad.*, 220, 155-168] (in Russian with English summary)
- Пархоменко, Л. І., Чернишов, О. В., & Громова О. П. (2013). Комплекс шкідливих організмів, які заселяють берези (*Betula* L.) у дендрарії Національного ботанічного саду ім. М. М. Гришка НАН України. *Інтродукція рослин*, 4, 114-117. [Parkhomenko, L. I., Chernyshov, O. V., & Hromova, O. P. (2013). A complex of harmful organisms that inhabit the birch (*Betula* L.) in the arboretum of the National Botanical Garden. M. M. Grishko NAS of Ukraine. *Plant introduction*, 4, 114-117. Retrieved from <http://www.nbg.kiev.ua/upload/introd/Intr-N4-13.pdf>] (in Ukrainian)
- Санітарні правила в лісах України (2016). [Sanitary Forests Regulations in Ukraine. (2016). [Electronic resource]. 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 22.04.2021)] (in Ukrainian)
- Bircher, N., Cailleret, M., & Bugmann, H. (2015). The agony of choice: different empirical mortality models lead to sharply different future forest dynamics. *Ecological Applications*, 25 (5), 1303-1318. <https://doi.org/10.1890/14-1462.1>
- Boeck, A., Dieler, J., Biber, P., Pretzsch, H., & Ankerst, D. P. (2014). Predicting tree mortality for European beech in southern Germany using spatially explicit competition indices. *Forest Science*, 60 (4), 613-622. <https://doi.org/10.5849/forsci.12-133>
- Cailleret, M., Bigler, C., Bugmann, H., Camarero, J. J., Cufar, K., Davi, H.,... Martínez-Vilalta, J. (2016). Towards a common methodology for developing logistic tree mortality models based on ring-width data. *Ecological Applications*, 26 (6), 1827-1841. <https://doi.org/10.1890/15-1402.1>
- Goychuk, A., Drozda, V., & Shvets, M. (2018). Risk of birch disappearance in Zhytomyr Polissya of Ukraine.

- Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 17, 16-25. <https://doi.org/10.15421/411816>
- 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](http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm)
- Heimonen, K., Valtonen, A., Kontunen-Soppela, S., Keski-Saari, S., Rousi, M., Oksanen, E., & Roininen, H. (2015). Insect herbivore damage on latitudinally translocated silver birch (*Betula pendula*) – predicting the effects of climate change. *Climatic change*, 131 (2), 245-257. <https://doi.org/10.1007/s10584-015-1392-4>
- Hilbert, D.R., Roman, L.A., Koeser, A.K., Vogt, J., & van Doorn, N.S. (2019). Urban Tree Mortality: A Literature Review. *Arboriculture & Urban Forestry*, 45 (5), 167-200. Retrieved from [www.fs.fed.us](http://www.fs.fed.us) › 2019 › nrs\_2019\_hilbert\_001
- Hülsmann, L., Bugmann, H., & Brang, P. (2017). How to predict tree death from inventory data-lessons from a systematic assessment of European tree mortality models. *Canadian Journal of Forest Research*, 47 (7), 890-900. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2016-0224>
- Hytönen, J., Saramäki, J., & Niemistö, P. (2013). Growth, stem quality and nutritional status of *Betula pendula* and *Betula pubescens* in pure stands and mixtures. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 29 (1), 1-11. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1080/002827581.2013.838300>
- Klein, R.W., Koeser, A. K., Hansen, G., & Escobedo, F.J. (2019). A review of urban tree risk assessment and risk perception literature. *Arboriculture & Urban Forestry*, 45 (1), 26-38. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.25953.15204>
- Maleki, K., & Kiviste, A. (2016). Individual tree mortality of silver birch (*Betula pendula* Roth.) in Estonia. *Forest-Biogeosciences and Forestry*, 9 (4), 643. <https://doi.org/10.3832/ifer1672-008>
- Meshkova, V.L., Koshelyaeva, Y.V., & Koliienkina, M.S. (2019). Silver birch health condition in the parks of Kharkiv National Agrarian University named after V.V. Dokuchaev. *Proceedings of Forest Academy of Sciences of Ukraine*, 19, 146-155. <https://doi.org/10.15421/411936>
- Meshkova, V.L., & Koshelyaeva, Y.V. (2015) Silver birch (*Betula pendula* Roth.) in the forests of the Left-bank Forest Steppe of Ukraine. *Forestry & Forest melioration*, 126, 74-80
- Nguyen, D., Boberg, J., Cleary, M., Bruelheide, H., Hönig, L., Koricheva, J., & Stenlid, J. (2017). Foliar fungi of *Betula pendula*: Impact of tree species mixtures and assessment methods. *Scientific reports*, 7, 41801. <https://doi.org/10.1038/srep41801>
- Ozolinčius, R., Bareika, V., Rubinskienė, M., Viškelis, P., Mažeika, R., & Staugaitis, G. (2016). Chemical composition of silver birch (*Betula pendula* Roth.) and downy birch (*Betula pubescens* Ehrh.) Sap. *Baltic Forestry*, 22 (2), 222-229. Retrieved from [https://www.balticforestry.mi.lt/bf/PDF\\_Articles/2016-22%5B2%5D/Baltic%20Forestry%202016.2\\_222-229.pdf](https://www.balticforestry.mi.lt/bf/PDF_Articles/2016-22%5B2%5D/Baltic%20Forestry%202016.2_222-229.pdf)
- 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>
- Tubby, K.V., & Webber, J.F. (2010). Pests and diseases threatening urban trees under a changing climate. *Forestry*, 83 (4), 451-459. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpq027>
- Vindstad, O.P.L., Jepsen, J.U., Ek, M., Pepi, A., & Ims, R.A. (2019). Can novel pest outbreaks drive ecosystem transitions in northern-boreal birch forest? *Journal of Ecology*, 107 (3), 1141-1153. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.13093>

### Прогнозування зміни санітарного стану берези повислої (*Betula pendula* Roth.)

В.Л. Мешкова<sup>1</sup>, Я.В. Кошеляєва<sup>2</sup>, М.С. Коленкіна<sup>3</sup>,  
І.М. Швиденко<sup>4</sup>

Береза повисла (*Betula pendula* Roth.) утворює м'яколистяні насадження у різних природних зонах. Її широко застосовують у захисному лісорозведенні та міських насадженнях, вона є піонером на зрубках і згарищах. Водночас, в умовах глобаль-

<sup>1</sup> 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>

<sup>2</sup> Кошеляєва Яна Вікторівна – кандидат сільськогосподарських наук, кафедра фітопатології. Харківський національний аграрний університет ім. В.В. Докучаєва, 62483, Харківська область, Харківський район, «Докучаєвське – 2», Україна. Тел.: +38(099)131-45-28. E-mail: yana120783@i.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5164-3204>

<sup>3</sup> Коленкіна Марина Сергіївна – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри ландшафтного проектування та садово-паркового мистецтва. Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова, вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002, Україна. Тел. +38(067)696-62-04. E-mail: kolenkinamarina@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5612-0947>

<sup>4</sup> Швиденко Інна Миколаївна – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри садово-паркового господарства. Харківський національний аграрний університет ім. В.В. Докучаєва, 62483, Харківська область, Харківський район, «Докучаєвське – 2», Україна. Тел.: +38((050)630-73-62. E-mail: i.shvidenko.mikulina@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4383-7604>



ного потепління та антропогенного навантаження підвищується сприйнятливість берези повислої до шкідників і патогенів, зокрема до бактеріальної водянки та стовбурових шкідників, які її поширюють.

Метою досліджень було оцінювання тенденцій динаміки санітарного стану насаджень *Betula pendula* залежно від типу лісорослинних умов і початкового санітарного стану дерев.

Дослідження здійснено у 2015-2019 рр. у насадженнях берези повислої Харківської області в умовах свіжого субору ( $B_2$ ), свіжому сугруді ( $C_2$ ) та свіжому груді ( $D_2$ ). Всі насадження мали вік 40-45 років і відносну повноту 0,7-0,8. Категорію санітарного стану визначали візуально для кожного дерева у липні згідно із положеннями «Санітарних правил в лісах України». Для кожного типу лісорослинних умов розраховували ймовірність поліпшення та погіршення санітарного стану берези повислої, а також її відпад. Відпад виражали у відсотках як співвідношення дерев, що загинули за період 2015-2019 рр., до їхньої кількості у 2015 році.

У кожен рік досліджень (2015-2019 рр.) санітарний стан насаджень *Betula pendula* був найгіршим у свіжому груді. Середній індекс санітарного стану з урахуванням усіх дерев у 2015-2019 рр. становив 1,9; 2,1 та 2,7 у свіжому суборі, свіжому сугруді та свіжому груді відповідно, а з урахуванням лише життєздатних дерев – 1,8; 1,8 та 2,3 відповідно у таких самих лісорослинних умовах. Найгірший стан берези у свіжому сугруді та свіжому груді пов'язаний із поширенням бактеріальної водянки.

Впродовж 2015-2019 рр. категорію санітарного стану змінили від 1-ої на 3-ю 87,7; 54,7 і 34,5% дерев берези у свіжому груді, свіжому сугруді та свіжому суборі відповідно. Серед дерев 2-ої категорії санітарного стану частка особин, що погіршили стан, зростає від свіжого субору (17,6%) до свіжого груді (51,7%). Ймовірність поліпшення санітарного стану дерев 3-ої категорії санітарного стану у свіжому суборі майже втричі більша, ніж ймовірність його погіршення (19,4 та 6,7% відповідно), а в свіжому сугруді та свіжому груді ймовірність погіршення санітарного стану *Betula pendula* не набагато менша, ніж його поліпшення (в 1,1 та 1,5 рази відповідно). У свіжому груді жодне дерево 4-ї категорії не покращило стан впродовж 2015-2019 рр., а в свіжому сугруді 27,7% дерев його покращило. У кожному типі лісорослинних умов ймовірність відпаду найбільш ослаблених дерев берези є більшою. Для сукупної вибірки даних вона становить 3,9; 16,4; 30,4 та 62,4% дерев, що мали 1, 2, 3 та 4 категорії санітарного стану у 2015 році. Ймовірність відпаду дерев *Betula pendula* будь-якої початкової категорії санітарного стану була найбільшою у свіжому груді та найменшою – у свіжому суборі. Порівняння даних оцінювання інтенсивності відпаду дерев берези повислої різних категорій санітарного стану показує дуже подібні значення, одержані в цьому дослідженні та у попередніх дослідженнях у паркових насадженнях.

**Ключові слова:** лісорослинні умови; категорія санітарного стану; відпад дерев; ймовірність відпаду.



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

<http://fasu.nltu.edu.ua>  
<https://doi.org/10.15421/412126>  
Article received 2021.08.15  
Article accepted 2021.12.29

ISSN 1991-606X print  
ISSN 2616-5015 online  
@ ✉ Correspondence author  
Hryhorii Krynytskyi  
[krynytsk@ukr.net](mailto:krynytsk@ukr.net)

103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine

УДК 630\*174.754:630\*182.54](477.83)

## Біотична стійкість *Pinus sylvestris* L. у сугрудових лісостанах Львівського Розточчя

Г. Т. Криницький<sup>1</sup>, І. М. Скольський<sup>2</sup>, О. Г. Криницька<sup>3</sup>, Н. Г. Луців<sup>4</sup>, В. Й. Яхницький<sup>5</sup>

Об'єктами досліджень були деревостани, сформовані типовими для Львівського Розточчя лісотвірними деревними видами: сосною звичайною, буком лісовим, дубом звичайним, грабом звичайним за участю клена гостролистого, клена-явора, липи дрібнолистої та інших. Специфіка лісорослинних умов дослідних об'єктів зумовила різні фітоценотичні взаємовпливи сосни звичайної з іншими деревними видами, та, відповідно, її різну життєвість, для визначення якої було використано діелектричні показники – імпеданс і поляризаційна ємність.

Встановлено, що у вегетаційний період величина імпедансу різко зменшується (мінімальні значення у дерев сосни спостережено у червні-липні), а в період фізіологічного і вимушеного спокою – зростає, досягаючи максимуму у грудні. Водночас мінімальні величини поляризаційної ємності у дерев сосни звичайної спостережено у листопаді, а максимальні – у лютому.

Найбільші відмінності між деревами сосни у різних за складом деревостанах за річною динамікою імпедансу і поляризаційної ємності спостережено у періоди фіксації максимальних значень цих показників. В інші періоди року ці відмінності, зазвичай, неістотні. Водночас дослідження показують, що найінформативнішими щодо життєвого стану дерев сосни звичайної є середньорічні величини діелектричних показників.

Середньовікові (55-річні) дерева сосни за достатнього світлового живлення мають більшу життєвість і, відповідно, характеризуються меншим, ніж материнські дерева, імпедансом і більшою поляризаційною ємністю.

Встановлено також, що життєвість дерев сосни в грабово-дубово-соснових і сосново-букових деревостанах проявляється неоднозначно. Зниження біотичної стійкості дерев сосни з віком інтенсивніше відбувається у сосново-букових деревостанах порівняно з грабово-дубово-сосновими. Загалом фітоценотичні взаємовпливи для сосни звичайної в грабово-дубово-соснових деревостанах є сприятливішими, ніж у сосново-букових.

**Ключові слова:** діелектричні показники; річна динаміка; грабово-дубово-соснові та сосново-букові деревостани.

<sup>1</sup> 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](mailto:krynytsk@ukr.net) ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7020-9991>

<sup>2</sup> Скольський Ігор Михайлович – член-кореспондент Лісівничої академії наук України, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, начальник науково-дослідної частини. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-097-546-97-20. E-mail: [I.Skolsky@gmail.com](mailto:I.Skolsky@gmail.com) ORCID: <https://orcid.org/my-orcid?orcid=0000-0002-6052-7619>

<sup>3</sup> Криницька Ольга Григорівна – кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник науково-дослідної частини. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-067-672-28-96. E-mail: [olk@ukr.net](mailto:olk@ukr.net) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4624-7768>

<sup>4</sup> Луців Наталія Григорівна – кандидат економічних наук, доцент кафедри екологічної економіки та бізнесу. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-066-754-79-10. E-mail: [natalusiv@gmail.com](mailto:natalusiv@gmail.com) ORCID: <https://orcid.org/my-orcid?orcid=0000-0001-5588-7778>

<sup>5</sup> Яхницький Володимир Йосипович – здобувач кафедри лісівництва. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-096-021-11-92. E-mail: [snvlk@online.ua](mailto:snvlk@online.ua)

**Вступ (Introduction).** Сосна звичайна (*Pinus sylvestris* L.) – основний лісотвірний і типотвірний деревний вид в Україні, лісостани якого займають близько 35% вкритих лісовою рослинністю земель (Krynytskyu, Chernyavskyu, & Krynytska, 2016; Лісове господарство України, 2017). Формує чисті і мішані біотично стійкі, високопродуктивні деревостани, відзначається високою репродуктивною здатністю та екологічною пластичністю. Едафічний ареал сосни звичайної є найбільшим серед типотвірних порід України і охоплює борові, суборові і сугрудові трюфотопи, дуже сухі, сухі, свіжі, вологі, сирі і навіть мокрі гіротопи (Вороб'єв, 1953; Остапенко, Ткач, 2002).

У різних лісорослинних умовах сосна звичайна, зазвичай, характеризується високою конкурентною здатністю і життєвістю. Однак останніми роками в Україні та інших європейських країнах спостережено зниження біотичної стійкості та масове всихання соснових деревостанів, екологічною передумовою якого є глобальні кліматичні зміни і пов'язані з ними флуктуації, насамперед, температурного й гідрологічного режимів (Криницький, Мазепа, Новак, Данькевич, 2013; Криницький, Крамарець, Мацях, 2019; Бородавка, Гетьманчук, Кичилук, Войтюк, 2016; Сазанов, Звягинцев, 2016; Крамарець, Мацях, 2017).

Водночас велике екологічне, економічне і соціальне значення соснових лісостанів зумовлює актуальність ґрунтового вивчення лісорослинних умов, зокрема фітоценотичних, в яких соснові деревостани є найбільш життєздатними і мають високу біотичну стійкість.

**Мета дослідження** полягає у встановленні біотичної стійкості дерев сосни звичайної у мішаних

соснових лісостанах, різних за фітоценотичними взаємовпливами та її змін у процесі вікових етапів розвитку деревостанів.

**Об'єктом досліджень** були середні за біометричними показниками дерева сосни звичайної 50-55- і 120-130-річного віку. **Предмет дослідження** – встановлення життєвості дерев сосни звичайної за діелектричними показниками – імпедансом і поляризаційною ємністю.

**Об'єкти та методика досліджень (Objects and methods).** Об'єкти дослідження – особини *Pinus sylvestris* у грабово-дубово-соснових і буково-соснових середньовікових і перестійних насадженнях сугрудових умов Львівського Розточчя, які розташовані на науково-виробничих стаціонарах кафедри лісівництва НЛТУ України у лісовому фонді Страдцівського навчально-виробничого лісокомбінату.

Визначення лісівничо-таксаційних показників лісостанів здійснювали за загальноприйнятими у лісовій таксації методиками (Гірс та ін., 2013). Для визначення віку дерев використовували керни деревини з урахуванням поправок на висоту їх взяття.

Заміри діелектричних показників (імпедансу і поляризаційної ємності) проводили приладом Ф 4320 на частоті 1 кГц за методикою Г.Т. Криницького (1992). Електроди вводили в прикамбіальний шар тканин стовбура дерев на висоті 1,3 м.

Математичне опрацювання результатів досліджень та математичне моделювання здійснені методами варіаційної статистики (Горошко, Миклуш, Хомюк, 2004) з використанням стандартних пакетів програм Excel і Statistica 10.0.

**Результати (Results).** Лісівничо-таксаційні показники дослідних деревостанів різного складу і віку представлені в табл. 1.

Таблиця 1

**Лісівничо-таксаційні показники дослідних деревостанів на секціях стаціонарів**  
**Table 1. Forest mensurational indices of experimental stands at permanent study areas**

№ секції (пр. пл.)	Індекс типу лісу	Склад деревостану	Індекс деревного виду	Вік, років	Середні		Бонітет	Повнота	Запас м <sup>3</sup> /га
					D, см	H, м			
1	C <sub>2</sub> -г-сД	6Сз3Дз1Гз + Бкл, Лп, Клг	Сз	130	48,0	33,7	I <sup>a</sup>	0,83	590
			Дз	140	44,6	28,8	II		
2	C <sub>2</sub> -г-сД	8Сз1Дз1Гз + Бкл, Яв, Клг, Ял, Дч	Сз	55	33,4	24,7	I <sup>a</sup>	0,75	371
			Дз	55	19,5	17,9	I		
3	C <sub>2</sub> -г-сД	7Дз1Сз1Гз1Клг + Бкл, Д, Мде, Лпд, Ябл	Сз	55	24,8	19,9	I <sup>a</sup>	0,78	200
			Дз	55	18,5	17,8	I		
4	C <sub>2</sub> -г-сД	7Дз2Сз1Гз+Бкл, Дч, Чш, Клг, Ябл, Яв, Лпд	Сз	55	31,2	22,5	I <sup>a</sup>	1,0	242
			Дз	55	17,3	17,9	I		
5	C <sub>2</sub> -г-сД	6Сз2Дз1Гз1Брп + Лпд	Сз	55	37,3	28,3	I <sup>b</sup>	0,68	441
			Дз	55	35,6	26,6	I <sup>a</sup>		
6	C <sub>2</sub> -г-сБк	6Сз4Бкл + Гз, Яле, Брп	Сз	120	44,4	29,6	I <sup>a</sup>	0,86	586
			Бкл	120	30,1	26,7	I		
7	C <sub>2</sub> -г-сБк	6Сз4Бкл + Гз, Яле	Сз	120	36,2	26,4	I	0,96	530
			Бкл	120	24,9	24,6	II		
8	C <sub>2</sub> -г-сБк	6Сз4Бкл + Гз, Дз, Ме, Клг, Яв	Сз	55	28,2	21,0	I <sup>a</sup>	0,72	230

Таким чином, об'єктом досліджень були деревостани, сформовані типовими для Львівського Розточчя лісотвірними породами – сосною звичайною, буком лісовим, дубом звичайним, грабом звичайним за участю клена гостролистого, клена-явора, липи дрібнолистої та інших. У всіх деревостанах *Pinus sylvestris* виходить у перший ярус і росте за I-I<sup>a</sup> (I<sup>b</sup>) класами бонітету.

Клас бонітету дуба звичайного (пр. пл. 1, 2, 3, 4, 5) і бука лісового (пр. пл. 6, 7, 8) змінюється від II до I (I<sup>a</sup>, пр. пл. 5). Ці деревні види формують, в основному, другий ярус та частково входять у перший; інші породи ростуть зазвичай у другому і третьому ярусах. Стиглі деревостани на лісових ділянках 1, 6, 7 є високоповнотними, а середньовікові – на ділянках 2, 3, 5, 8 займають проміжне місце між середньо- і високоповнотними, і лише на ділянці 4 середньовіковий деревостан є високоповнотним.

Перші п'ять дослідних лісових ділянок (1, 2, 3, 4, 5) підібрані в свіжій грабово-сосновій судіброві, шоста, сьома, восьма – у свіжій сосновій субучині. Варто зауважити, що п'ята дослідна лісова ділянка характеризується підвищеною трофністю ґрунту. Тут сформувався свіжий грудуватий підтип лісорослинних умов, що зумовило підвищення продуктивності (зокрема збільшення висоти, діаметра дерев, їхнього запасу) штучно сформовано-

го на цій ділянці середньовікового грабово-дубово-соснового деревостану порівняно з іншими середньовіковими грабово-дубово-сосновими деревостанами природного походження (див. ділянки 2, 3, 4).

Специфіка лісорослинних умов дослідних об'єктів зумовила різні фітоценотичні взаємовпливи сосни звичайної з іншими деревними видами та, відповідно, різну життєвість соснового компонента – основної частки продуктивності сформованих на лісових ділянках деревостанів.

Експериментальні дані досліджень діелектричних показників дерев сосни звичайної у різних за складом деревостанах наведені на рис. 1, 2 і табл. 2, 3, 4, 5.

За наведеними даними, річна динаміка імпедансу і поляризаційної ємності чітко корелює з річною інтенсивністю фізіолого-біохімічних процесів у прикамбіальних тканинах сосни. Впродовж вегетаційного періоду (травень-вересень) величина імпедансу на всіх секціях стаціонару є невисокою – в межах 11,3-15,9 кОм. У період фізіологічного і вимушеного спокою (жовтень-березень) величина імпедансу зростає, досягаючи максимуму у грудні (до 43,3-52,1 кОм). Мінімальні значення імпедансу у дерев сосни спостережено в червні-липні (період припинення росту пагонів у висоту і закладання верхівкових бруньок).

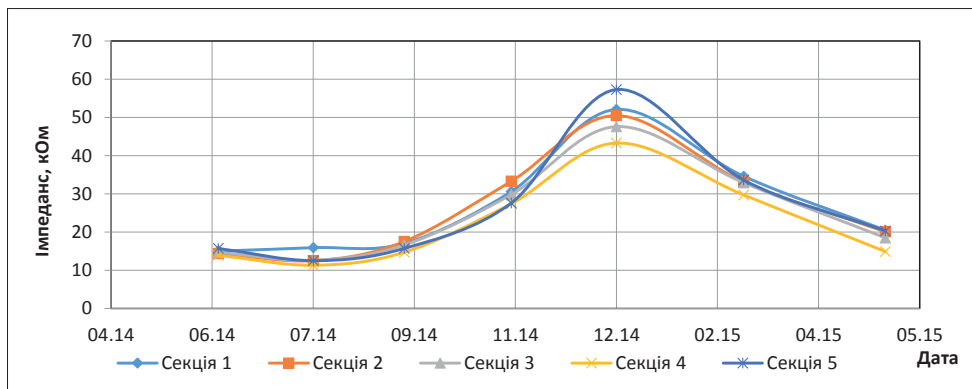


Рис. 1. Річна динаміка імпедансу дерев *Pinus sylvestris* у грабово-дубово-соснових деревостанах

Fig. 1. Annual dynamics of impedance of *Pinus sylvestris* trees in hornbeam-oak-pine stands

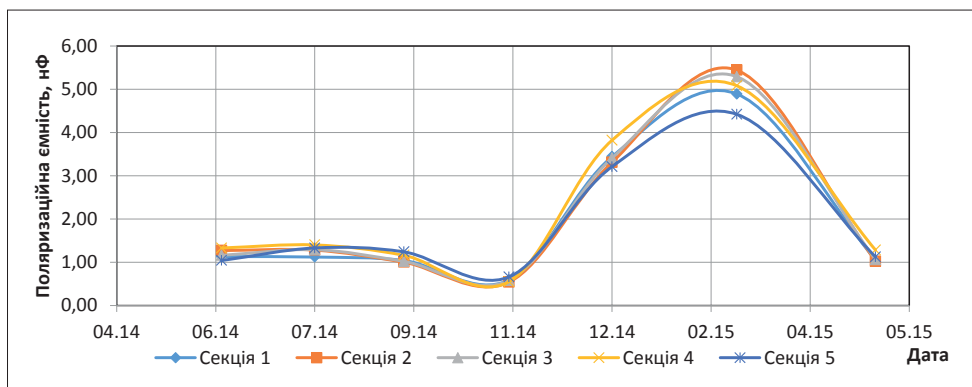


Рис. 2. Річна динаміка поляризаційної ємності дерев *Pinus sylvestris* у грабово-дубово-соснових деревостанах

Fig. 2. Annual dynamics of polarization capacity of *Pinus sylvestris* trees in hornbeam-oak-pine stands

Подібні зміни відбуваються також і в річній динаміці поляризаційної ємності дерев сосни на всіх секціях стаціонару. Проте мінімальні величини поляризаційної ємності у дерев сосни спостережено в листопаді (0,55-0,59 нФ), а максимальні – у лютому (4,89-5,44 нФ). Ці часові зсуви мінімальних і максимальних величин імпедансу і поляризаційної ємності зумовлені особливостями проходження фізіологічних процесів під час активної життєдіяльності дерев і стану спокою. Найбільші відмінності між секціями стаціонару за річною динамікою імпедансу і поляризаційної ємності сосни спостережено у періоди фіксації максимальних значень цих показників. В інші періоди року відмінності між секціями за величиною імпедансу і поляризаційної ємності є, зазвичай, неістотними (див. рис. 1 і 2).

Отже, виявлення відмінностей життєвості дерев сосни у деревостанах, як штучно створених, так і сформованих природним шляхом на секціях стаціонару після проведення різних способів рубок головного користування, доцільно здійснювати в період максимального прояву величини імпедансу і поляризаційної ємності у річному циклі. Водночас дослідження засвідчують, що найінформативнішими щодо життєвого стану дерев сосни є середньорічні величини діелектричних показників (див. табл. 2 і 3).

Таблиця 2

**Середньорічні величини імпедансу і поляризаційної ємності дерев *Pinus sylvestris* в грабово-дубово-соснових деревостанах**  
**Table 2. Average annual values of impedance and polarization capacity of *Pinus sylvestris* trees in hornbeam-oak-pine stands**

Секції	Показники	
	R, кОм	C, нФ
I	26,5±0,58	1,89±0,04
II	25,9±0,48	1,98±0,03
III	24,7±0,50	1,97±0,04
IV	22,2±0,28	2,09±0,03
V	26,1±1,1	1,90±0,08

Отже, найбільші величини імпедансу і найменші значення поляризаційної ємності дерев сосни звичайної спостережено на першій секції, що свідчить про тенденцію зниження їхньої життєвості. Сосна звичайна на цій секції досягла перестійного віку та уражена фітохворобами, що і зумовило погіршення її життєвого стану.

Дерева молодого покоління *Pinus sylvestris* за достатнього світлового живлення мають тенденцію до збільшення життєвості і, відповідно, характеризуються меншим, ніж материнські дерева на першій секції, імпедансом і більшою поляризаційною ємністю. Особливо значними (вже суттєвими) є відмінності між життєвістю дерев сосни на першій секції і секціях III і IV (див. табл. 2 і 3).

Дерева сосни на секції III (здійснено рівномірну поступову двопрійомну рубку) та секції IV (здійснено групово-вибіркову трипрійомну рубку), на якій вони ростуть у сформованих під час рубки «вікнах», займають у деревостанах панівне становище, характеризуються інтенсивним ростом за висотою і діаметром та отримують порівняно невеликий негативний фітоценотичний вплив інших порід, і, відповідно, мають високу життєвість.

Таблиця 3

**Значення критерію суттєвості різниці між середньорічними величинами імпедансу і поляризаційної ємності у грабово-дубово-соснових деревостанах**

**Table 3. The value of the criterion of the difference significance between the average annual values of impedance and polarization capacity in hornbeam-oak-pine stands**

Секції	Показники	
	R	C
I-II	0,80	1,80
I-III	2,34	1,33
I-IV	6,72	4,00
I-V	0,32	0,10
II-III	1,74	0,20
II-IV	6,61	2,75
II-V	0,17	1,05
III-IV	4,39	2,40
III-V	1,16	0,89
IV-V	3,44	2,34

Примітка: Теоретичне значення t-критерію Стьюдента ( $t_{05}$ ) дорівнює 1,98

Порівнюючи біотичну стійкість і життєвість сосни у 55-річних грабово-дубово-соснових деревостанах, сформованих після рубки на експериментальних секціях стаціонару, потрібно відзначити, що відповідно до середньорічних величин імпедансу і поляризаційної ємності найбільшу, суттєво значиму життєвість дерева сосни звичайної мають на секції IV, оскільки тут після проведення групово-вибіркової трипрійомної рубки дерева сосни ростуть біогрупами у місцях, утворених під час першого прийому рубок «вікон», що мінімізує фітоценотичний вплив інших порід. Дерева сосни на секції II, III і V характеризуються практично однаковою життєвістю (різниця між ними за критерієм Стьюдента ( $t_{05}$ ) є несуттєвою (див. табл. 2 і 3).

Загалом молоді покоління грабово-дубово-соснових (секція III і V) та грабово-сосново-дубових (секція II і IV) деревостанів, відтворених на стаціонарі природним шляхом, відзначаються добрим життєвим станом і біотичною стійкістю.

Дослідження, проведені після семирічного періоду на секціях 1, 3 і 5 (грабово-дубово-соснові

деревостани) та 6, 7 і 8 (буково-соснові деревостани), підтверджують встановлені закономірності щодо життєвості дерев *Pinus sylvestris* за віковими етапами – у середньовікових деревостанах дерева хвойного виду мають вищу (у низці деревостанів – суттєво вищу) життєвість порівняно зі стиглими і перестиглими деревостанами. Особливо значною є відмінність у життєвості дерев сосни

у стиглих (секція 1 і 6) та середньовікових деревостанах на секції 5 (грабово-дубово-сосновий деревостан, вирощений лісокультурним шляхом на зрубі у багатшому грудуватому підтипі лісорослинних умов) і на секції 8 (буково-сосновий деревостан) (табл. 4). Суттєвість різниці досягає 2,67 на 0,5% рівні ймовірності за теоретичного значення коефіцієнта Стюдента 2,01-2,13 (табл. 5).

Таблиця 4

**Діелектричні показники дерев *Pinus sylvestris* в деревостанах різного складу, 07.2020 р.**

**Table 4. Dielectric parameters of *Pinus sylvestris* trees in stands of different composition, July 2020**

Секції	Деревостан	Вік, років	Діелектричні показники	
			імпеданс, кОм	поляризаційна ємність, нФ
1	Грабово-дубово-сосновий	130	13,98±4,00	0,80±0,03
3	Грабово-дубово-сосновий	55	12,28±3,58	0,81±0,04
5	Грабово-дубово-сосновий	55	10,93±2,41	1,64±0,32
6	Буково-сосновий	120	21,21±3,09	0,77±0,06
7	Буково-сосновий	120	15,93±4,83	0,80±0,06
8	Буково-сосновий	55	12,67±3,98	1,42±0,35

Таблиця 5

**Значення критерію суттєвості різниці між величинами діелектричних показників дерев *Pinus sylvestris* в деревостанах різного складу 07.2020**

**Table 5. The value of the criterion of the difference significance between the values of the dielectric parameters of *Pinus sylvestris* trees in stands of different composition, July 2020**

Секції	Імпеданс, кОм	Поляризаційна ємність, нФ
I-II	0,32	0,20
I-V	0,65	2,61
I-VI	1,43	0,44
I-VII	0,31	0,00
I-VIII	0,23	1,76
III-V	0,31	2,57
III-VI	1,89	0,55
III-VII	0,61	0,14
III-VIII	0,07	1,73
V-VI	2,62	2,67
V-VII	0,92	2,58
V-VIII	0,37	0,46
VI-VII	0,92	0,35
VI-VIII	1,69	1,83
VII-VIII	0,52	1,74

Примітка: Теоретичне значення t-критерію Стюдента ( $t_{05}$ ) дорівнює 2,01-2,13.

Дані табл. 5 також підтверджують, що зниження життєвості дерев сосни звичайної з віком у сосново-

букових деревостанах, порівняно з грабово-дубово-сосновими, відбувається інтенсивніше.

**Дискусія (Discussion).** Для визначення життєвості дерев *Pinus sylvestris* нами використано діелектричні показники – імпеданс і поляризаційну ємність. За даними низки дослідників (Fensom, 1963, 1966; Wargo, & Skutt, 1975; Shortle, Shigo, Berry, & Abusambra, 1977; Carter, & Blanchard, 1978; Davis, Shigo, & Weyrick, 1979; Рутковський, Кищенко, 1980; Mac Dougall, Maclean, & Thompson, 1988; Криницький та ін., 1992, 1993, 2015; Заїка, 1995; Gora, & Yanoviak, 2015; Kratyuk O., & Kratyuk V., 2019 та ін.) між життєвим станом дерев і величиною імпедансу та поляризаційної ємності існують тісні кореляційні зв'язки. Високі абсолютні показники поляризаційної ємності та низькі значення імпедансу свідчать про високу життєвість деревних рослин.

Отримані нами результати імпедансу і поляризаційної ємності дерев сосни звичайної у різних за складом і віком деревостанах Львівського Розточчя загалом не суперечать встановленим основним закономірностям електрофізіологічної активності деревних рослин у зв'язку з їхньою життєвістю.

Водночас варто зазначити, що в літературних джерелах слабо висвітлена річна динаміка діелектричних показників, хоча за дослідженнями Gora Evan M. & Yanoviak Stephen P. (2015) вони мають чітко виражену сезонну динаміку, незалежно від виду дерев та лісорослинних умов і тісно корелюють з сезонною інтенсивністю фізіолого-біохімічних процесів у прикамбійних тканинах. Істотні та добре виражені зміни в річній динаміці величин імпедансу та поляризаційної ємності у деревних рослин підтверджуються і наведеними в статті нашими експериментальними даними на прикладі дерев сосни звичайної.

Практично не трапляються літературні дані (зокрема нами не виявлені) щодо використання діелектричних показників для вивчення впливу фітоценотичної взаємодії деревних видів на функціональну життєдіяльність дерев у мішаних лісостанах. Ці дослідження є перспективними в аспекті виявлення біотичної стійкості та підвищення продуктивності мішаних деревостанів, і їх доцільно продовжити і розширити з урахуванням конкретних даних щодо світлового, мінерального і водного живлення дерев.

**Висновки (Conclusions).** За величиною діелектричних показників – імпедансу і поляризаційної ємності дерева молодого покоління сосни звичайної мають більшу життєвість, ніж материнські дерева. При цьому найінформативнішими щодо життєвого стану дерев *Pinus sylvestris* є середньорічні величини діелектричних показників.

Відмінності у життєвості різних за складом та умовами росту соснових деревостанів найбільш значимо проявляються в періоди фіксації максимальних значень імпедансу (грудень) і поляризаційної ємності (лютий) у річному циклі.

Життєвість дерев сосни звичайної в грабово-дубово-соснових і сосново-букових деревостанах проявляється неоднозначно. Зниження біотичної стійкості дерев сосни з віком інтенсивніше проходить у сосново-букових деревостанах порівняно з грабово-дубово-сосновими.

Загалом фітоценотичні взаємовпливи для сосни звичайної у грабово-дубово-соснових деревостанах є сприятливішими, ніж у сосново-букових.

**Подяки (Acknowledgements).** Автори статті висловлюють щирі подяки старшому науковому співробітнику НЛТУ України Роману Кузіву за допомогу в польових дослідженнях, а також рецензентам за можливі цінні критичні зауваження.

### Список літератури (References)

- Бородавка, В. О., Гетьманчук, А. І., Кичилюк, О. В., Войтюк, В. П. (2016). Патологічні процеси у всихаючих соснових насадженнях Волинського Полісся. *Науковий вісник НУБіП України: Лісівництво та декоративне садівництво*, 238, 102-118. [Borodavka, V. O., Getmanchuk, A. I., Kichilyuk, O. V., & Voytyuk, V. P. (2016). Pathological processes in drying pine plantations of Volyn Polissia. *Scientific Bulletin of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine: Forestry and ornamental horticulture*, 238, 102-118. Retrieved from [http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau\\_lis\\_2016\\_238\\_14](http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau_lis_2016_238_14)] (in Ukrainian)
- Воробьев, Д. В. (1953). *Типы леса Европейской части УССР*. Киев: Изд-во АН СССР. 452 с. [Vorobiev, D. V. (1953). *Forest types of the European part of the Ukrainian SSR*. Kiev: Publishing house of the Academy of Sciences of the USSR] (in Ukrainian)
- Гірс, О. А., Маніта, О. Х., Миронюк, В. В., Свинчук, В. А., Березівський, Л. М. (2013). *Лісотаксаційний довідник*. Київ: Видавничий дім «Вінчен-
- ко» [Girs, O. A., Manita, O. H., Myronjuk, V. V., Swinchuk, V. A., & Berezivskyy, L. M. (2013). *Forest Inventory Directory*. Kyiv: Vinichenko Publishing House] (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 / НЛТУ. Львів, 21 с. [Zaika, V. K. (1995). *Selection-ecological features of formation of semi-sibling offspring of Scots pine in the conditions of Lviv Roztocze* (Doctoral dissertation, Ukrainian National Forestry University, Lviv, Ukraine)] (in Ukrainian)
- Лісове господарство України* (2019). Київ: Державне агентство лісових ресурсів України. 51 с. [Forestry of Ukraine (2019). Kyiv: State Agency of Forest Resources of Ukraine. Retrieved from [http://ekoinform.com.ua/wp-content/uploads/2019/01/Brosura\\_DALR\\_2019\\_UA-web.pdf](http://ekoinform.com.ua/wp-content/uploads/2019/01/Brosura_DALR_2019_UA-web.pdf)] (in Ukrainian)
- Крамарець, В. О., Мацяк, І. П. (2017). Масове відмирання лісів – причини, наслідки, можливі шляхи протидії. *Наукові основи збереження біотичної різноманітності*, 8 (15), 45-62. [Kramarets, V. O., Matsyakh, I. P. (2017). Mass extinction of forests – causes, consequences, possible ways to counteract. *Scientific bases of biodiversity conservation*, 8 (15), 45-62. Retrieved from <https://ecoinst.org.ua/periodychni-vydannia/spbc-2017>] (in Ukrainian)
- Криницький, Г. Т. (1993). *Морфофізіологічні основи селекції деревних рослин*: автореф. ... дис. д-ра біолог. наук. 06.03.01, 03.00.12 / НАУ. Київ, 46 с. [Krynytsky, G. T. (1993). *Morphophysiological basis of selection of woody plants* (Doctoral dissertation, National Agrarian University, Kyiv, Ukraine)] (in Ukrainian)
- Криницький, Г. Т. (1992). Про методику використання електрофізіологічних показників для визначення життєздатності деревних рослин. *Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість*, 23, 3-10. [Krynytsky, G. T. (1992). Methods of using electrophysiological indicators to determine the viability of woody plants. *Forestry, paper and woodworking industries*, 23, 3-10] (in Ukrainian)
- Криницький, Г. Т., Крамарець, В. О., Мацяк, І. П. (2019). Лісівничо-екологічні засади збереження соснових лісів. *Соснові ліси: сучасний стан, існуючі проблеми та шляхи їх вирішення*: матеріали міжнарод. наук.-практ. конф., м. Київ, 12-13 червня 2019 р. Київ, с. 201. [Krynytsky, G. T., Kramarets, V. O., & Matsyakh, I. P. (2019). Forestry and ecological principles of pine forests preservation. In *Pine forests: current status, existing problems and ways to solve them: Proceedings of the international scientific-practical conference*. Kyiv, 201. Kyiv, Ukraine: National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine] (in Ukrainian)
- Криницький, Г. Т., Мазепа, В. Г., Новак, А. А., Данькевич, С. М. (2013). Динамічні тенденції клімату Західного Лісостепу України та їх вплив на санітарний стан лісостанів. *Науковий вісник НУБіП України*, 187, 254-263. [Krynytsky, G. T.,

- Mazepa, V.G., Novak, A.A., & Dankevich, S.M. (2013). Dynamic climate trends of the Western Forest-Steppe of Ukraine and their influence on the sanitary condition of forest stands. *Scientific Bulletin of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*, 187, 254-263. Retrieved from [http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau\\_lis\\_2013\\_187\\_1\\_42](http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau_lis_2013_187_1_42)] (in Ukrainian)
- Криницький, Г.Т., Скольський, І.М. (2015). Використання діелектричних показників для визначення життєвого стану дерев в'язу шорсткого. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 13, 83-88. [Krynytsky, G.T., & Skolsky, I.M. (2015). Use of dielectric parameters to determine the vital power of witch elm trees. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 13, 83-88. <https://doi.org/10.15421/411511>] (in Ukrainian)
- Остапенко, Б.Ф., Ткач, В.П. (2002). *Лісова типологія*. Харків: ХДАУ. 204 с. [Ostapenko, B.F., & Tkach, V.P. (2002). *Forest typology*. Kharkiv: Kharkiv State Agrarian University] (in Ukrainian)
- Рутковский, И.В., Кишенков, Ф.В., (1973). Применение электрофизиологических методов в лесовыращивании. *Лесоведение и лесоводство*, 3, 1-40. [Rutkovsky, I.V., & Kishenkov, F.V. (1973). Application of electro-physiological methods in forest cultivation. *Silviculture and forestry*, 3, 1-40] (in Russian)
- Сазонов, А., Звягинцев, В. (2016). «Биологический пожар» соснового леса. *Лесное и охотничье хозяйство*, 6, 9-13. [Sazonov, A., & Zvyagintsev, V. (2016). "Biological fire" of a pine forest. *Forestry and hunting*, 6, 9-13] (in Russian)
- Carter, J.K., & Blanchard, R.O. (1978). Electrical resistance to phloem width in red maple. *Canadian Journal of Forest Research*, 8 (1), 90-93
- Davis, W., Shigo, A., & Weyrick, R. (1979). Seasonal changes in electrical resistance of inner bark in red oak, red maple and eastern white pine. *Forest Sciences*, 25 (2), 282-286.
- Davis, W., Shortle, W., & Shigo, A. (1980). Potential hazard rating system for fir stands infested with budworm using cambial electrical resistance. *Canadian Journal of Forest Research*, 10 (4), 541-544. <https://doi.org/10.1139/x80-088>
- Fensom, D.S. (1963). The bioelectrical potentials of plants and their functional significance. *Canadian Journal of Botany*, 41, 831-851.
- Fensom, D.S. (1966). On measuring electrical resistance in situ in higher plants. *Canadian Journal of Plant Science*, 46, 169-175.
- Gora, E.M., & Yanoviak, S.P. (2015). Electrical properties of temperate forest trees: a review and quantitative comparison with vines. *Canadian Journal of Forest Research*, 45 (3), 236-245. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2014-0380>
- Kratyuk, O.L., & Kratyuk, V.L. (2019). Plant electrophysiology trends in forestry research. In *Topical issues of methods of teaching natural sciences: International scientific and practical conference*, 78-81. Lublin, Poland: Baltija Publishing
- Krynytskyy, H.T., Chernyavskyy, M.V., & Krynytska, O.H. (2016). Forestry of Ukraine: current state and development trends. *Bulletin of the Transilvania University. Series II "Forestry, Wood Industry, Agricultural Fjfd Engineering"*, 9 (58), №2, 25-31. Retrieved from [http://rs.unitbv.ro/Bulletin/Series%20II/BULETIN%20I/04\\_Krynytskyy.pdf](http://rs.unitbv.ro/Bulletin/Series%20II/BULETIN%20I/04_Krynytskyy.pdf)
- Mac Dougall, R., Maclean, D.A., & Thompson, R.G. (1988). The use of electrical capacitance to determine growth and vigor of spruce and fir trees and stands in New Brunswick. *Canadian Journal of Forest Research*, 18 (5), 587-594. <https://doi.org/10.1139/x88-085>
- Shortle, W.C., Shigo, A.L., Berry, P., & Abusambra, J. (1977). Electrical resistance in tree cambium zones relationship to rates of growth and wound closure. *Forest Sciences*, 23 (3), 326-329.
- Wargo, P.M., & Skutt, H.R. (1975). Resistance to pulsed electrical current: an indicator of stress in forest trees. *Canadian Journal of Forest Research*, 5 (4), 557-561.

### Biotic stability of Scots pine growing in stands on fairly fertile soil types of the Lviv Roztochya

H. Krynytskyy<sup>1</sup>, I. Skolsky<sup>2</sup>, O. Krynytska<sup>3</sup>,  
N. Lutsiv<sup>4</sup>, V. Yakhnitsky<sup>5</sup>

In recent years in Ukraine and other European countries, there has been observed a decrease in biotic resistance and mass drying of pine stands. The

<sup>1</sup> *Hryhoriy Krynytskyy* – Full Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, President of FAS of Ukraine, doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Forestry at Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: 032-237-89-05, +38-067-784-11-60. E-mail: [krynytsk@ukr.net](mailto:krynytsk@ukr.net) ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7020-9991>

<sup>2</sup> *Ihor Skolsky* – Corresponding Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, PhD in Agricultural Sciences, Senior Researcher, Head of the Research department, Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st, Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: + 38-097-546-97-20. E-mail: [I.Skolsky@gmail.com](mailto:I.Skolsky@gmail.com) ORCID: <https://orcid.org/my-orcid?orcid=0000-0002-6052-7619>

<sup>3</sup> *Olga Krynytska* – PhD in Agricultural Sciences, Senior Research Fellow, Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st, Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: + 38-067-672-28-96. E-mail: [olk@ukr.net](mailto:olk@ukr.net) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4624-7768>

<sup>4</sup> *Natalia Lutsiv* – PhD in Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Ecological Economics and Business. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: + 38-066-754-79-10. E-mail: [natalusiv@gmail.com](mailto:natalusiv@gmail.com) ORCID: <https://orcid.org/my-orcid?orcid=0000-0001-5588-7778>

<sup>5</sup> *Volodymyr Yakhnitsky* – PhD candidate of at the Department of Forestry, Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: + 38-096-021-11-92. E-mail: [snvlk@online.ua](mailto:snvlk@online.ua)



ecological precondition for this drying off is global climate change and related fluctuations, primarily, of the temperature and hydrological regimes. At the same time, the tremendous ecological, economic and social importance of pine stands necessitates a thorough study of forest site conditions, particularly of phytocenotic ones. They are the most viable and have high biotic stability.

The objects of research were the stands formed by forest-forming species typical for Lviv Roztochche: Scots pine, beech, oak, hornbeam with participation, as associated species, of maple, sycamore, small-leaved linden and others. The specific features of certain forest site conditions of the experimental objects are responsible for the different phytocenotic interactions of pine with other tree species and, accordingly, its different vitality. The criteria used to determine the vitality were dielectric parameters – impedance and polarization capacity.

It is found that the annual dynamics of impedance and polarization capacity correlate with the annual intensity of physiological and biochemical processes in the cambial tissues of pine. The impedance decreases sharply during the growing season (minimum values in pine trees are observed in June-July). During the period of physiological and forced rest, the impedance increases, reaching its maximum values in December. At the same time, the minimum values of polarization

capacity in pine trees are observed in November, and the maximum is in February. The most significant differences between pine trees of different stands in terms of the annual dynamics of impedance and polarization capacity are observed in the periods of fixing the maximum values of these indicators. At other times of the year, these differences are usually insignificant. At the same time, the study shows that the average annual values of dielectric parameters are the most informative ones as to the vital power of pine trees. Middle-aged (55-year-old) pine trees grown after various methods of main felling (clear felling, uniform, shelterwood felling in two or three cuts, group-selection ones in three cuts) with sufficient light supply have greater vitality and, respectively, are characterized by less impedance and greater polarization capacity than parent trees.

It is also established that the vitality of Scots pine trees in hornbeam-oak-pine and pine-beech stands is not steady. With age, a decrease in biotic resistance of pine trees becomes more intensive in pine-beech stands than that of hornbeam-oak-pine stands. In general, phytocenotic interactions for Scots pine in hornbeam-oak-pine stands are more favorable than in pine-beech stands.

**Key words:** electrical indicators; annual dynamics; hornbeam-oak-pine and pine-beech stands.



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

<http://fasu.nltu.edu.ua>  
<https://doi.org/10.15421/412127>  
Article received 2021.11.10  
Article accepted 2021.12.29

ISSN 1991-606X print  
ISSN 2616-5015 online  
@ ✉ Correspondence author

Vasyl Lavnyy  
[lavnyy@gmail.com](mailto:lavnyy@gmail.com)

103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine

УДК [630\*945.33 : 630\*24] (477.83)

## Наукові засади створення навчально-виробничого стаціонару «Борщовичі»

В. В. Лавний<sup>1</sup>, Р. Р. Вицега<sup>2</sup>, Р. М. Кравчук<sup>3</sup>, П. Шпатгельф<sup>4</sup>

У лісовому фонді ДП «Львівське лісове господарство» створено навчально-виробничий стаціонар «Борщовичі», щоб дослідити різні способи господарювання у соснових деревостанах. Запропоновано схему розміщення секцій у сосновому деревостані свіжого грабово-дубово-соснового сугруду віком 19 років з різними варіантами інтенсивності та методів рубок догляду. Зокрема, рівномірно по площі таксаційного виділу закладено п'ять секцій розміром 50 × 80 м з 15-метровими буферними зонами між ними. Виконано нумерацію та вимірювання таксаційних показників усіх ростучих дерев діаметром 6,1 см і більше на висоті 1,3 м на кожній секції. Загалом обліковано 5416 дерев, з яких 4870 особин становить *Pinus sylvestris* L. Встановлено лісівничо-таксаційні показники деревостанів на кожній секції, обґрунтовано організаційно-технічні показники очищення на кожній із секцій. При цьому перша секція є контрольною, на якій жодних лісівничих заходів не запроєктовано. Виконано розрахунок кількості дерев, відведених у рубку, об'єм яких забезпечує відповідну інтенсивність рубки (20% – на другій і четвертій, 40% – на третій і п'ятій секціях). На другій секції запроєктовано проведення рубки догляду низовим методом, для чого було відібрано і призначено в рубку 349 дерев сосни звичайної, здебільшого відсталих у рості; на третій секції у рубку призначено 440 дерев, з яких 363 дерева сосни звичайної; на четвертій секції у рубку призначено 183 дерева, з яких 167 дерев сосни звичайної і на п'ятій секції у рубку призначено 298 дерев, з яких 223 дерева сосни звичайної. У натурі виконано підбір таких дерев залежно від їх стану, класу Крафта, категорії технічної придатності та методу рубки (низовий – на другій і третій секціях; верховий – на четвертій і п'ятій секціях). Розраховано динаміку лісівничо-таксаційних показників деревостанів кожної секції до та після рубки. Встановлено, що проведення рубки низовим методом несуттєво впливає на зміну лісівничо-таксаційних показників деревостану, зокрема на середній діаметр та середню висоту. Натомість значно більший вплив та різницю у таксаційних показниках зумовлює проведення рубки верховим методом. Із сукупності залишених дерев виділено дерева майбутнього (65-72 шт. на кожній секції) головних деревних видів (здебільшого – *Pinus sylvestris* L., рідше – *Quercus robur* L.), частка об'ємів яких становить 9,5-12,0% від загального запасу деревостану.

**Ключові слова:** соснові деревостани; рубки догляду; очищення; інтенсивність рубки; дерева майбутнього; стаціонарні дослідження.

<sup>1</sup> Лавний Василь Володимирович – академік Лісівничої академії наук України, доктор сільськогосподарських наук, професор, проректор з наукової роботи. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-098-859-72-07. E-mail: [lavnyy@gmail.com](mailto:lavnyy@gmail.com) ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2069-9026>

<sup>2</sup> Вицега Руслан Романович – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри лісової таксації та лісовпорядкування. Національний лісотехнічний університет України, вул. генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-097-297-34-37. E-mail: [ruslan.vitseha@nltu.edu.ua](mailto:ruslan.vitseha@nltu.edu.ua) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8463-673X>

<sup>3</sup> Кравчук Ростислав Миколайович – кандидат сільськогосподарських наук, директор ботанічного саду. Національний лісотехнічний університет України, вул. генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-097-668-63-34. E-mail: [rmkravchuk@gmail.com](mailto:rmkravchuk@gmail.com)

<sup>4</sup> Шпатгельф Петер – доктор, професор факультету лісу і довкілля. Університет сталого розвитку Еберсвальде, вул. Альфреда Мьоллера, 1, м. Еберсвальде, 16225 Німеччина. Тел. +49-(0)3334-657-171. E-mail: [Peter.Spathelf@hnee.de](mailto:Peter.Spathelf@hnee.de)

**Вступ (Introduction).** *Pinus sylvestris* L. є панівним деревним видом на території України. За матеріалами Держлісагентства України (2021), понад третину лісів країни займають соснові деревостани. Соснові насадження часто трапляються і на Львівщині, зокрема в умовах Малого Полісся та Розточчя (Генсірук, 2002; Дебринюк, 2003; Сорока, 2008). За останні роки спостережено суттєве погіршення санітарного стану сосняків, зокрема їх всихання (Бородавка, Гетьманчук, Кичилюк, Войтюк, 2016; Жежкун, Порохняч, 2020; Криницький, Крамарець, Мацях, 2019; Meshkova, & Borysenko, 2018; Мешкова, 2019; Przybylski, Tyburski & Mohytych, 2020). Дослідження вітчизняних і зарубіжних науковців вказують на низку чинників, які мають істотний вплив на ріст і розвиток соснових біоценозів. Передусім важливу роль відіграють ґрунтово-гідрологічні умови (Рибак, 2004; Ambroży & Kapsa, 2019; Długosiewicz, Zajac & Wysocka-Fijorek, 2019; Pretzsch et al., 2015) та кліматичні чинники (Букша І. Ф., Пивовар, Букша М. І., 2011; Коваль, Воронін, 2019; Криницький та ін., 2019; Ткач, Мешкова, 2019; Cedro, A., & Cedro, D., 2018; Elferts, 2007; Lavnyy, & Spathelf, 2018). Водночас безпосередній вплив на формування високопродуктивних стійких соснових деревостанів має режим господарювання в них (Криницький, Лавний, Целень, 2012; Лавний, Шпатгельф, 2016; Яхницький, 2015; Яхницький, Криницький, 2020; Vanach, Kormanek & Jaźwiński, 2020; Gil, 2014). З огляду на це, актуальним є питання своєчасного та якісного проведення рубок догляду в соснових деревостанах. Правильне виконання цього лісівничого заходу покращить склад насаджень, забезпечить формування добре розвинених крон дерев та бажаної просторової структури деревостану загалом, збільшить приріст, покращить технічну якість стовбурової деревини, підвищить біотичну стійкість лісових насаджень.

В Україні розроблено нормативи, які регламентують проведення рубок формування та оздоровлення лісів (Правила поліпшення..., 2007; Санітарні правила..., 2016). Проте вони частково відповідають сьгоднішнім викликам виробництва. Тому існує потреба в удосконаленні (розробленні) нормативної бази, яка враховувала б зазначені вище аспекти, зокрема типологічні особливості конкретного деревостану і вплив біотичних та абіотичних чинників. Розроблення рекомендацій щодо лісогосподарських заходів у сучасних умовах має опиратись на глибокі довготермінові наукові дослідження. Останні доцільно проводити на стаціонарних дослідних об'єктах (Яхницький, 2015; Vytseha, 2020) з урахуванням передового практичного досвіду (Лавний, 2014). З огляду на це, актуальним завданням є створення мережі наукових постійних пробних площ. Власне з таких міркувань і створено навчально-виробничий стаціонар «Борщовичі».

**Мета роботи** – закласти довготривалий експеримент з вивчення впливу рубок догляду (наразі – прочищення) на динаміку таксаційних показників

соснових деревостанів за різної інтенсивності та методу рубки для формування високопродуктивного біотично стійкого деревостану майбутнього.

**Об'єкт дослідження** – сосновий деревостан свіжого грабово-дубово-соснового сугруду у лісовому фонді Борщовицького л-ва ДП «Львівське лісове господарство». **Предмет дослідження** – процес росту соснових деревостанів унаслідок здійснення рубок догляду з різними організаційно-технічними показниками.

**Об'єкти та методика дослідження (Objects and methods).** Дослідження здійснено на території лісового фонду ДП «Львівське лісове господарство». Для цього опрацьовано повидільну базу даних підприємства з метою виявлення таксаційних виділів з домінуванням у складі насадження *Pinus sylvestris* віком до 20 років. За результатами камерального аналізу та натурного обстеження підібрано ділянку в Борщовицькому лісництві (кв. 20, вид. 3) загальною площею 9,0 га з 19-річним сосновим насадженням з незначною участю у складі деревостану інших деревних видів.

У цьому виділі з дотриманням лісотаксаційних вимог (СОУ 02.02-37-476:2006; Гром, 2005) влітку 2020 р. закладено навчально-виробничий стаціонар «Борщовичі». Згідно з положеннями розробленої методики, рівномірно по площі розмірено п'ять рівновеликих секцій розміром 50×80 м. Площу секцій встановлено згідно зі загальноприйнятими статистичними підходами так, щоб забезпечити достатню кількість спостережень (кількість дерев) та отримати достовірні результати (Горошко, Миклуш, Хомюк, 2004). Відповідно до лісотаксаційних вимог (Гром, 2005), на секціях виконано вимірювання лісівничо-таксаційних показників та здійснено суцільну нумерацію дерев з нанесенням порядкового номера дерева фарбою. На кожній секції виконано роздільну нумерацію дерев, починаючи з першого номера. Для кожного дерева вимірювали окружність стовбура на висоті 1,3 м. Обліковували дерева з діаметром 6,1 см і більше. На кожній секції (окрім першої) відібрали гірші дерева, що підлягають зрубуванню. Кількість і статус таких дерев на кожній з секцій визначено індивідуально, залежно від методу рубки (низовий – на другій і третій секціях; верховий – на четвертій і п'ятій секціях) та її інтенсивності за запасом (20% – на другій і четвертій секціях; 40% – на третій і п'ятій секціях). Першу секцію закладено як контроль, тому на ній не запроєктовано жодних лісівничих заходів. З урахуванням життєвості, якості стовбура та розміщення дерев по площі (Лавний, 2014) на кожній секції відібрано дерева майбутнього (М-дерева), в яких виконано обрізування гілок японськими пилками з розкладними ручками «Silky Hayate».

Розрахунок основних лісівничо-таксаційних і статистичних показників здійснено за загальноприйнятими методиками (Горошко, Миклуш, Хомюк, 2004; Нормативно-справочные материалы..., 1987) із застосуванням пакету програм Microsoft

Excel і методів варіаційної статистики. Зокрема, запас деревостану розраховано за основною таксаційною формулою, а видові числа взято із відповідних довідкових матеріалів.

**Результати та обговорення (Results and discussion).** За результатами аналізу повидільної бази даних ДП «Львівське лісове господарство» відібрано низку таксаційних виділів із сосновими молодняками. Проте натурний огляд виявив суттєві відмінності між виділами за трофотопом і гірротопом та неоднорідність насаджень у межах самих виділів. За обраними критеріями для експерименту відібрано соснове насадження Борщовицького лісництва (кв. 20, вид. 3). З урахуванням геометрії таксаційного виділу, розроблено схему розташування секцій навчально-виробничого стаціонару (рис. 1).

Усі секції розташовані послідовно одна за одною у напрямку *південь* → *північ*. Для уникнення впливу на межові дерева секції бокового освітлення з сусідньої секції після здійснення лісгосподарських заходів, між ними створено 15-метрову буферну зону, що приблизно відповідає значенню середньої висоти деревостану. Кожну секцію відмежовано в натурі ділянковими стовпами.

Невідкладним завданням для облаштування навчально-виробничого стаціонару був облік і встановлення таксаційних показників усіх ростучих дерев на кожній секції. За результатами польових

досліджень загалом обліковано та обміряно 5416 дерев, з яких 4870 дерев сосни звичайної (рис. 2).

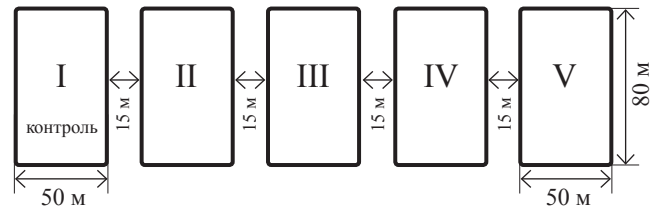


Рис. 1. Схема розташування об'єктів на території навчально-виробничого стаціонару «Борщовичі»

Fig. 1. Scheme of the silvicultural demonstration plot “Borshchovychi”

На всіх секціях стаціонару за кількістю дерев перевагу має *Pinus sylvestris*. Так, на першій секції загальна кількість дерев становить 1060 шт., з яких 1034 дерева сосни, що складає 97,5%. На другій секції частка сосни становить 96,0% від загальної кількості дерев (1230 шт.). На інших секціях частка сосни звичайної є дещо меншою. Зокрема, на четвертій секції її частка становить 89,3%, на третій секції – 85,2%. Найменшу частку за кількістю дерев сосна звичайна має на п'ятій секції – 80,5%. Певну відмінність спостережено і за запасом стовбурової деревини (рис. 3).

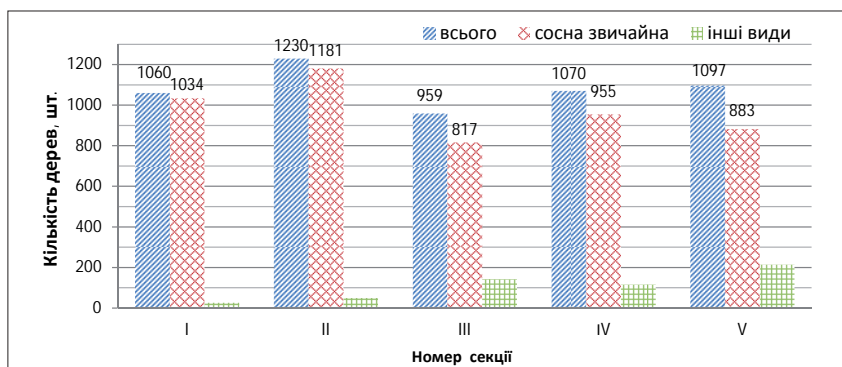


Рис. 2. Кількість рослинних дерев на секціях

Fig. 2. The number of growing trees in the sections

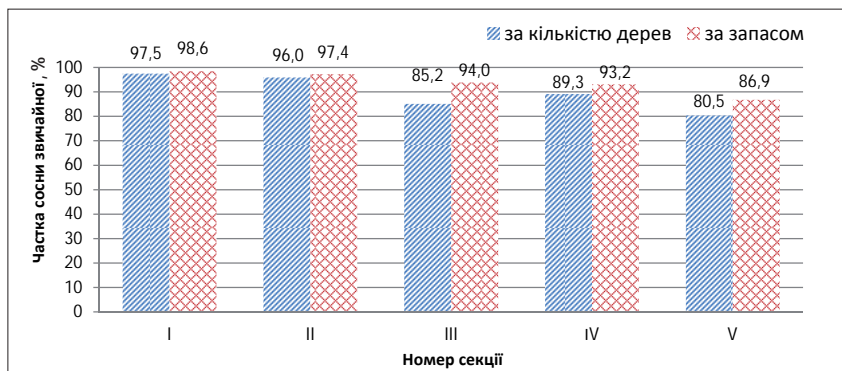


Рис. 3. Порівняння частки *Pinus sylvestris* за кількістю дерев і запасом стовбурової деревини на секціях стаціонару

Fig. 3. Comparison of the share of *Pinus sylvestris* by number of trees and standing volume

За результатами досліджень, на всіх секціях частка сосни звичайної за запасом є дещо вищою порівняно зі значеннями за кількістю дерев і змінюється у межах від 86,9 на п'ятій до 98,6% на першій секції, що зумовлено значною диференціацією дерев хвойного виду за діаметром і висотою.

Окрім *Pinus sylvestris*, у складі деревостану є й інші деревні види. Однак їхня частка за кількістю стовбурів та запасом є значно меншою, що зумовлено розмірними характеристиками особин (здебільшого – це тонкі дерева). Відносний розподіл деревних видів за кількістю наведено у табл. 1.

Встановлено, що на першій секції кількість інших деревних видів є найменшою. Понад 46% від загальної кількості дерев супутніх порід тут займають дерева *Quercus borealis* Michx. та майже 35% – дерева *Carpinus betulus* L. Значно рідше трапляються дерева *Populus tremula* L. і *Quercus robur* L. – 11,5 та 7,7% відповідно. Значно більше різноманіття деревних видів характерне для другої, третьої і п'ятої секцій, на яких ростуть дерева 12 видів. На другій секції майже четвертину дерев представлено *Quercus robur*. Дещо меншу частку становлять дерева *Quercus borealis* (18,4%) та *Carpinus betulus* (16,3). На третій пробній площі серед супутніх дерев домінує *Tilia cordata* Mill., частка якої тут становить 52,1%. Близько 12% дерев становлять *Betula pendula* Roth. та *Salix caprea* L. Для п'ятої секції характерне домінування серед супутніх дерев *Betula pendula*, частка якої становить 51,4%. На четвертій секції, окрім *Pinus sylvestris*, ростуть ще вісім деревних видів, серед яких домінують *Carpinus betulus* (25,2%), *Quercus robur* (23,5%)

та *Betula pendula* (20,9%). Усі інші деревні види займають значно меншу частку і трапляються поодинокі.

Таблиця 1

**Відносна участь інших деревних видів на секціях стаціонару**

Table 1. Distribution of accompanying trees on sections by species

Індекс деревного виду	Частка дерев за секціями, %				
	I	II	III	IV	V
Бп		12,2	12,0	20,9	51,4
Вк		4,1	12,7	6,1	4,2
Вз		4,1	2,1		
Гз	34,6	16,3	4,2	25,2	3,3
Гл		2,0	0,7		0,5
Дз	7,7	24,5	7,0	23,5	7,5
Дч	46,2	18,4	3,5	1,7	5,1
Клг			2,1	9,6	1,4
Лп		8,2	52,1		18,2
Ос	11,5	2,0		2,6	5,1
Чш		6,1	1,4		0,5
Чмх			2,1	10,4	2,8
Яв		2,0			

Примітка. На кожній секції участь інших порід прийнято за 100% без урахування дерев *Pinus sylvestris*

Таблиця 2

**Лісівничо-таксаційні показники деревостанів на секціях стаціонару**

Table 2. Silvicultural and taxation indicators of stands on sections of the demonstration plot

Номер секції	Склад деревостану	Середні		Густота, шт./га	Повнота	Запас, м <sup>3</sup> /га
		Д, см	Н, м			
I	10Сз + Дч, Гз, Ос, Дз	11,2	10,8	2650	0,73	149,1
II	10Сз + Дз, Дч, Гз, Бп, Лп, Чш, Вк, Вз, Ос, Гл	11,5	11,2	3075	0,88	188,2
III	9Сз1Лп + Вк, Бп, Дз, Гз, Дч, Вз, Клг, Чмх, Чш, Гл	12,0	11,1	2398	0,75	161,4
IV	10Сз + Дз, Дч, Гз, Бп, Лп, Чш, Вк, Вз, Ос, Гл	11,7	11,2	2675	0,78	165,6
V	9Сз1Бп + Лп, Дз, Дч, Ос, Вк, Гз, Чмх, Клг, Чш, Гл	11,9	11,5	2743	0,85	182,0

Примітка. Деревостани на всіх секціях характеризуються I<sup>b</sup> класом бонітету

Кількість дерев та їхні розміри безпосередньо впливають на лісівничо-таксаційні показники деревостану, зокрема на його склад, середні діаметр та висоту. Таксаційні показники встановлено для кожного елемента лісу, а за окремими секціями їх узагальнено у табл. 2 (у переведенні на 1 га).

За наведеними у табл. 2 результатами, лісівничо-таксаційні показники деревостанів на окремих сек-

ціях мало відрізняються між собою. Так, у складі деревостану на першій, другій та четвертій секціях сосна звичайна представлена 10 од., натомість на третій і п'ятій секціях у складі деревостану сосна становить лише 9 од. Середній діаметр деревостанів змінюється у межах 11,2-12,0 см. Найбільше його значення спостережено на третій секції. Значення середньої висоти деревостанів ста-

новлять 10,8-11,5 м. Найменший показник спостережено на першій, а найбільший – на п'ятій секціях, що зумовлено значною кількістю особин берези, для якої характерний швидкий ріст і більша висота. Варто відзначити широкий діапазон повнот на секціях. Так, мінімальне значення відносної повноти характерне для першої (0,73), а максимальне – для другої (0,88) секцій. Абсолютні значення повноти безпосередньо вплинули на загальний запас деревостанів кожної секції, який змінюється у межах 149-188 м<sup>3</sup>/га і відповідає тенденціям зміни повноти. Густина деревостану на секціях становить 2398-3075 шт./га.

Для встановлення достовірності отриманих результатів виконано розрахунок основних статистик за діаметром. Оскільки на секціях є досить значна кількість деревних видів, але переважає сосна зви-

чайна, вважаємо за доцільне висвітлити статистику стовбурів цього деревного виду (табл. 3).

Отже, за середнім діаметром сосна звичайна характеризується значною мінливістю. На це вказують значення коефіцієнта варіації, які є подібними на всіх секціях і змінюються у межах 30,15-32,75%. На всіх секціях діаметрам дерев притаманна правостороння асиметрія та від'ємний ексцес, що вказує на розташування більшої кількості варіант праворуч (у бік збільшення) від середнього значення. При цьому всі варіанти приблизно рівномірно розміщені за ступенями товщини (без чітко вираженої концентрації в конкретному ступені). Незважаючи на значну мінливість діаметра, результати експерименту все ж вказують на високу точність дослідження, адже значення помилки на жодній із секцій не перевищує допустимого значення і максимально становить 1,10%.

Таблиця 3

Статистичні показники *Pinus sylvestris* за діаметром стовбурів на висоті 1,3 м  
Table 3. Statistical indicators of *Pinus sylvestris* related to dbh (diameter at breast height)

Статистичний показник	Номер секції				
	I	II	III	IV	V
Мінімальне значення	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1
Максимальне значення	20,5	24,9	23,1	24,2	25,3
Середнє значення	10,72±0,10	10,89±0,10	11,91±0,13	11,21±0,11	11,60±0,13
Стандартне відхилення	3,23±0,07	3,35±0,07	3,65±0,09	3,39±0,08	3,80±0,09
Коефіцієнт варіації	30,15±0,72	30,78±0,69	30,65±0,83	30,22±0,75	32,75±0,86
Асиметрія	0,40±0,08	0,47±0,07	0,53±0,09	0,56±0,08	0,63±0,08
Ексцес	-0,47±0,15	-0,32±0,14	-0,18±0,17	-0,08±0,16	-0,04±0,16
Точність дослідження	0,94	0,90	1,07	0,98	1,10

Зважаючи на таксаційну характеристику та вік деревостанів, на кожній секції стаціонару запроєктовано провести очищення. Для цього на кожній секції відібрано дерева з урахуванням їхнього стану, класу Крафта, категорії технічної придатності та методу рубки (табл. 4).

Загалом у рубку відведено 1270 дерев, з яких 1101 особин *Pinus sylvestris*. Значно менше відібрано у рубку дерев інших видів, зокрема *Tilia*

*cordata* – 53 дерева, *Betula pendula* – 47 дерев, *Salix caprea* – 33 дерева, *Populus tremula* – 15 дерев, *Quercus robur* і *Quercus borealis* – по 5 дерев, *Acer platanoides* L. – 4 дерева, *Carpinus betulus* і *Padus racemosa* Gilib. – по два дерева і *Ulmus glabra* Huds., *Cerasus avium* (L.) Moench., *Crataegus monogyna* Jacq. – по одному дереву. Така кількість особин забезпечила необхідну інтенсивність рубки (рис. 4).

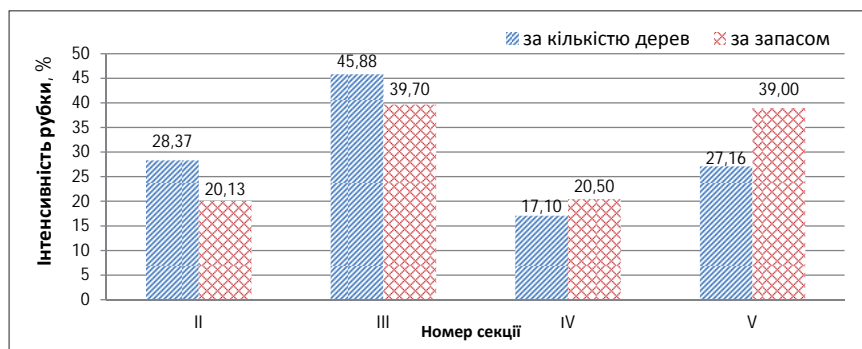


Рис. 4. Інтенсивність рубки на секціях

Fig. 4. Intensity of thinning on sections

Таблиця 4

Кількість дерев, відведених у рубку, шт.

Table 4. The number of trees taken for thinning, pcs.

Індекс елемента лісу	Номер секції				всього
	II	III	IV	V	
Сз	348	363	167	223	1101
Лп		45		8	53
Бп		6	1	40	47
Вк		18	6	9	33
Ос	1		3	11	15
Дз		1	4		5
Дч		1		4	5
Клг			2	2	4
Гз		2			2
Чмх		1		1	2
Взш		1			1
Чш		1			1
Глід		1			1
Разом	349	440	183	298	1270

Отже, за кількістю дерев і запасом стовбурової деревини інтенсивність рубки децю відрізняється. Проте ми взяли за основу інтенсивність рубки за запасом, яка практично відповідає заявленій (згідно з розробленою методикою) інтенсивності рубки догляду. Така інтенсивність прочищення забезпечує для дерев на кожній секції близький до оптимального світлового режиму і формування відповідної просторової структури деревостану.

Із сукупності залишених дерев виділено дерева майбутнього (табл. 5). До цієї категорії відібрано здорові дерева з добре розвинутою кроною та якісним стовбуром з урахуванням місця у горизонтальній структурі деревостану (розташовані на певній відстані одне від одного). Проте визначальним показником слугувало відношення висоти дерева до його діаметра.

Загалом на кожній секції залишено дерева головних і супутніх деревних видів. До кращих дерев майбутнього віднесено дерева сосни звичайної, лише на третій і четвертій секціях до них належать і кращі дерева дуба звичайного – шість і три особи відповідно. Безпосередньо у природі такі дерева позначено білою фарбою, а в камеральних умовах складено перелікову відомість цих дерев. Частка залишених дерев майбутнього становить 5,4-7,5% за кількістю особин та 9,5-12,0% – за запасом. На цих деревах здійснено обрізування гілок у нижній частині крони, що забезпечить у майбутньому формування повнодеревного стовбура та отримання високоякісної деревини.

Таблиця 5

Репрезентативність дерев майбутнього на секціях стаціонару

Table 5. Distribution of future crop trees on sections of the demonstration plot

Номер секції	Кількість дерев, шт.		Запас стовбурів, м <sup>3</sup>		Частка дерев майбутнього, %	
	всього	дерев майбутнього	усіх дерев	дерев майбутнього	за кількістю	за запасом
II	1230	67	75,3	9,0	5,4	12,0
III	959	72	64,6	7,2	7,5	11,1
IV	1070	69	66,2	7,7	6,4	11,7
V	1097	65	72,4	6,9	5,9	9,5

Восени 2021 р. на стаціонарі виконано прочищення з дотриманням технологічних вимог та викладених вище особливостей його проведення на окремих секціях. На сьогодні здійснення рубки догляду є економічно збитковим для ДП «Львівське лісове господарство», а деякі види робіт (суцільна нумерація дерев, нанесення їхніх номерів, обрізування нижніх гілок у цільових деревах тощо) збільшують видатки на прочищення. Проте вчасне і правильне проведення рубки догляду є запорукою формування у майбутньому біотично стійкого високопродуктивного соснового деревостану.

**Висновки (Conclusions).** Навчально-виробничий стаціонар «Борщовичі» створено для здійснення експериментальних досліджень різних методів проведення рубок догляду в соснових деревоста-

нах. Довготривалі наукові спостереження дадуть змогу отримати вичерпну інформацію щодо особливостей динаміки лісівничо-таксаційних показників соснових деревостанів залежно від методу та інтенсивності рубок догляду. Отримані результати слугуватимуть основою для практичних рекомендацій щодо раціонального проведення рубок догляду в соснових деревостанах у конкретному типі лісорослинних умов з урахуванням кліматичних змін.

Кожна секція навчально-виробничого стаціонару у матеріалах лісовпорядкування виділена як окремий таксаційний виділ. Крім того, стаціонар внесено до переліку моніторингових науководослідних об'єктів Національного лісотехнічного університету України, який слугуватиме експериментальною базою як для науковців та студентів

(під час навчальних і переддипломних практик), так і для виробничників.

**Подяки (Acknowledgements).** Автори висловлюють подяку німецьким колегам з Університету сталого розвитку Еберсвальде за наукову підтримку, Німецькому федеральному міністерству продовольства і сільського господарства – за фінансову підтримку та працівникам Борщовицького лісництва ДП «Львівське лісове господарство» – за технічну підтримку і логістику. Дослідження виконано в рамках міжнародного проєкту «Переформування соснових деревостанів до наближених до природи лісів в Україні з особливим врахуванням стійкості до пожеж та екстремальних погодних умов на засадах інтегрованого менеджменту пожеж (RESILPINE)»<sup>1</sup>.

### Список літератури (References)

- Бородавка, В. О., Гетьманчук, А. І., Кичиліук, О. В., Войтюк, В. П. (2016). Патологічні процеси у всихаючих соснових насадженнях Волинського Полісся. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України: Лісівництво та декоративне садівництво*, 238, 102-118. [Borodavka, V., Getmanchuk, A., Kuchlyuk, O., & Voytyuk, V. (2016). Pathological processes of withering pine stands in Volyn Polissya. *Scientific bulletin of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Series: Forestry and decorative gardening*, 238, 102-118] (in Ukrainian)
- Букша, І. Ф., Пивовар, Т. С., Букша, М. І. (2011). Динаміка дефоліації крон сосни звичайної за результатами моніторингу лісів у Луганській, Сумській і Харківській областях. *Лісівництво і агролісомеліорація*, 118, 49-57. [Buksha, I. F., Pivovar, T. S., & Buksha, M. I. (2011). Dynamics of Scots pine crowns defoliation in Lugansk, Sumy and Kharkiv regions according to results of I level forest monitoring. *Forestry and Forest Melioration*, 118, 49-57. Retrieved from <http://forestry-forestmelioration.org.ua/index.php/journal/issue/view/15/118-pdf>] (in Ukrainian)
- Генсірук, С. А. (2002). *Ліси України*. Львів: НВФ «Українські технології». 496 с. [Hensiruk, S. A. (2002). *Forests of Ukraine*. Lviv: NVF "Ukrainian technologies"] (in Ukrainian)
- Горошко, М. П., Миклуш, С. І., Хомюк, П. Г. (2004). *Біометрія*. Львів: Камула. 236 с. [Goroshko, M. P., Myklush, S. I., & Khomyuk, P. H. (2004). *Biometry*. Lviv: Kamula] (in Ukrainian)
- Гром, М. М. (2005). *Лісова таксація*. Львів: НЛТУ України. 352 с. [Grom, M. M. (2005). *Forest assessment*. Lviv: Ukrainian National Forestry University] (in Ukrainian)
- Дебрінюк, Ю. М. (2003). *Лісокультурне районування Західного Лісостепу*. Львів: Камула. 248 с. [Debryniuk, Yu. M. *Forest-cultural zoning of the Western Forest-Steppe*. Lviv: Kamula. ISBN 966-8343-06-9] (in Ukrainian)
- Жежжун, А. М., Порохняч, І. В. (2019). Особливості всихання соснових деревостанів Чернігівської області. *Соснові ліси: сучасний стан, існуючі проблеми та шляхи їх вирішення: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції*, 115-117. Київ, Україна: Планета-прінт [Zhezhkun, A. M., & Porohnyach, I. V. (2019). Features of dieback of pine stands in Chernihiv region of Ukraine. In Abstracts of the International Scientific and Practical Conference *Pine forests: current status, existing challenges and ways to solve them*, 115-117. Kyiv, Ukraine: Planeta-print] (in Ukrainian)
- Жежжун, А. М., Порохняч, І. В. (2020). Всихання соснових деревостанів Східного Полісся: поширення, наслідки, заходи подолання. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 21, 126-134. [Zhezhkun, A. M., & Porohnyach, I. V. (2020). Dieback of pine stands in Eastern Polissya: distribution, consequences, measures to overcome. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 21, 126-134. <https://doi.org/10.15421/412033>] (in Ukrainian)
- Коваль, І. М., Воронін, В. О. (2019). Реакція радіального приросту *Pinus sylvestris* L. на зміну клімату в насадженнях Лівобережного Лісостепу. *Лісівництво і агролісомеліорація*, 135, 140-148. [Koval, I. M., & Voronin, V. O. (2019). Response of *Pinus sylvestris* L. radial growth to climate change in stands of the Left Bank Forest-Steppe. *Forestry and Forest Melioration*, 135, 140-148. <https://doi.org/10.33220/1026-3365.135.2019.140>] (in Ukrainian)
- Криницький, Г. Т., Крамарець, В. О., Мацях, І. П. (2019). Лісівничо-екологічні засади збереження соснових лісів. *Соснові ліси: сучасний стан, існуючі проблеми та шляхи їх вирішення: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції*, 42-54. Київ, Україна: Планета-прінт [Krynitskyi, H. T., Kramarets, V. O., & Matsiakh, I. P. (2019). Forestry and ecological principles of pine forests' protection. In Abstracts of the International Scientific and Practical Conference *Pine forests: current status, existing challenges and ways to solve them*, 42-54. Kyiv, Ukraine: Planeta-print] (in Ukrainian)
- Криницький, Г. Т., Лавний, В. В., Целень, Я. П. (2012). Вибіркова система господарювання – теорія, практика і перспектива для України. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України: Лісівництво та декоративне садівництво*, 171 (3), 38-48. [Krynitskyi, H. T., Lavnyy, V. V., & Tselen, Y. P. (2012). Selective silvicultural system – theory, practice and prospects for Ukraine. *Scientific Bulletin of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine: Forestry and ornamental horticulture*, 171 (3), 38-48] (in Ukrainian)

<sup>1</sup> This study was undertaken within the framework of the "RESILPINE" project, which was financially supported by the German Federal Ministry of Food and Agriculture (BMEL) (Grant number: 281-034-01).



- Лавний, В.В. (2014). Досвід проведення рубок догляду в Німеччині. *Наукові основи підвищення продуктивності та біологічної стійкості лісових та урбанізованих екосистем: матеріали 64-ї науково-технічної конференції професорсько-викладацького складу, наукових працівників, докторантів та аспірантів за підсумками наукової діяльності у 2013 р.*, 71-74. Львів, Україна: РВВ НЛТУ України [Lavnyy, V.V. (2014). Experience of care thinning in Germany. In Materials of the 64<sup>th</sup> Scientific and technical Conference of Faculty, Researchers, Doctoral Students and Graduate Students on the Results of Scientific Activity in 2013 *Scientific principles of improvement of the productivity and biological stability of Forests and Urban Ecosystems*, 71-74. Lviv, Ukraine: Ukrainian National Forestry University] (in Ukrainian)
- Лавний, В.В., Шпатгелф, П. (2016). Практика наближеного до природи лісівництва у соснових лісах північно-східної Німеччини. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 14, 52-57. [Lavnyy, V.V., & Spathelf, P. (2017). The practice of close to nature silviculture in the pine forests of north-eastern Germany. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 14, 52-57. <https://doi.org/10.15421/411606>] (in Ukrainian)
- Мешкова, В.Л. (2019). Усыхание сосновых лесов Украины с участием короедов: причины и тенденции. *Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии*, 228, 312-335. [Meshkova, V.L. (2019). Decline of pine forest in Ukraine with contribution from bark beetles: causes and trends. *Bulletin of the Sank-Petersburg Forestry Academy*, 228, 312-335. <https://doi.org/10.21266/2079-4304.2019.228.312-335>] (in Russian)
- Нормативно-справочные материалы для таксации лесов Украины и Молдавии.* (1987). Киев: Урожай. 560 с. [Normative and reference materials for forest taxation of Ukraine and Moldova (1987). Kiev: Urozhaj] (in Russian)
- 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)
- Правила поліпшення якісного складу лісів* (2007): у редакції постанови Кабінету Міністрів України від 12 травня 2007 р., № 724. Київ, Україна [Rules for improving the quality of forests (2007). In the redaction of Decree of Cabinet Minister of Ukraine from 12 Mai 2007, No 724. Kyiv, Ukraine. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/724-2007-%D0%BF#Text>] (in Ukrainian)
- Приходько, О.Б., Пастернак, В.П., Яроцький, В.Ю. (2019). Стан, структура і продуктивність соснових лісів ДП «Лиманське лісове господарство». *Лісівництво і агролісомеліорація*, 135, 24-29. [Prykhodko, O.B., Pasternak, V.P., & Yarotsky, V.Y. (2019). Condition, structure and productivity of pine forests of SE “Lymanske Forestry”. *Forestry and Forest Melioration*, 135, 24-29. Retrieved from [http://nbuv.gov.ua/UJRN/lisam\\_2019\\_135\\_5](http://nbuv.gov.ua/UJRN/lisam_2019_135_5)] (in Ukrainian)
- Рибак, В.О. (2004). Вплив мішаних лісостанів на процеси ґрунтоутворення у свіжих соснових суборах. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*, 71, 27-33. [Rybak, V.O. (2004). Influence of mixed forest stands on soil formation processes in fresh pine stands. *Scientific Bulletin of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*, 71, 27-33] (in Ukrainian)
- Санітарні правила в лісах України* (2016): у редакції постанови Кабінету Міністрів України від 26 жовтня 2016 р. № 756. Київ, Україна [Sanitary Forests Regulations in Ukraine (2016). In the redaction of Decree of Cabinet Minister of Ukraine from 26 October 2016, No 756. Kyiv, Ukraine. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-95-п>] (in Ukrainian)
- Сорока, М.І. (2008). *Рослинність Українського Розточчя*. Львів: Світ. 434 с. [Soroka, M.I. (2008). *The vegetation of Ukrainian Roztochia*. Lviv: Svit] (in Ukrainian)
- Ткач, В.П., Мешкова, В.Л. (2019). Сучасні проблеми формування та відтворення біологічно стійких соснових лісів України в умовах зміни клімату. *Соснові ліси: сучасний стан, існуючі проблеми та шляхи їх вирішення: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції* (м. Київ, 12-13 червня 2019 р.), 70-78. Київ, Україна: НАН України [Tkach, V.P., & Meshkova, V.L. (2019). Modern problems of formation and reproduction of biologically sustainable pine forests of Ukraine in the conditions of climate change. In Materials of the International scientific-practical Conference *Pine forests: current status, existing challenges and ways forward*, 70-78. Kyiv, Ukraine: National Academy of Sciences of Ukraine. Retrieved from [https://urifm.org.ua/sites/default/files/tezy\\_sosna19\\_final.pdf](https://urifm.org.ua/sites/default/files/tezy_sosna19_final.pdf)] (in Ukrainian)
- Яхницький, В.Й. (2015). Таксаційна характеристика науково-виробничого стаціонару «Великопільський», закладеному в сосново-букових доростанах Страдчівського навчально-виробничого лісокомбінату НЛТУ України. *Наукові основи підвищення продуктивності та біологічної стійкості лісових та урбанізованих екосистем: матеріали 65-ї науково-технічної конференції професорсько-викладацького складу, наукових працівників, докторантів та аспірантів за підсумками наукової діяльності у 2014 р.*, 138-142. Львів: Україна: Національний лісотехнічний університет України [Yakhnytskyi, V.Y. (2015). Taxation characteristics of the scientific stationary “Velykopilskyi”, established in the pine-beech tree stands of the Stradchiv wood-packing facility of the Ukrainian National Forestry University. In *Scientific principles of improvement of the productivity and biological stability of forests and urban ecosystems*, 138-142. Lviv: Ukraine: Ukrainian National Forestry University] (in Ukrainian)

- Яхницький, В.Й., Криницький, Г.Т. (2020). Динаміка опадів у сосново-букових деревостанах та її зміни за впливу поступових рубок в умовах Львівського Розточчя. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 21, 60-67. [Yakhnytskyi, V.Y., & Krynytskyi, H. T. (2020). Dynamics of litterfall in pine-beech stands and its changes under the influence of uniform shelterwood felling in the Lviv Roztoczia region. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 21, 60-67. <https://doi.org/10.15421/412026>] (in Ukrainian)
- Ambroży, S., & Kapsa, M. (2019). Odnowienia sosny zwyczajnej *Pinus sylvestris* L. w Karpatach w zależności od żyzności siedliska. *Leśne Prace Badawcze*, 80 (3), 189-200. [Ambroży, S., & Kapsa M. (2019). Regeneration of Scots pine *Pinus sylvestris* L. in the Carpathians depends on site fertility. *Leśne Prace Badawcze*, 80 (3), 189-200. <https://doi.org/10.2478/frp-2019-0017>] (in Polish)
- Banach, J., Kormanek, M., & Jaźwiński, J. (2020). Jakość sosny zwyczajnej, buka zwyczajnego i dębu szypułkowego wyhodowanych z siewu na glebie leśnej o różnym stopniu zagęszczenia. *Leśne Prace Badawcze*, 81 (4), 167-174. [Banach, J., Mariusz Kormanek, M., & Jaźwiński, J. (2020). Quality of Scots pine, European beech and pedunculate oak grown from sowing on soil with different compaction levels. *Leśne Prace Badawcze*, 81 (4), 167-174. <https://doi.org/10.2478/frp-2020-0020>] (in Polish)
- Cedro, A., & Cedro, D. (2018). Wpływ warunków klimatycznych i zanieczyszczenia powietrza na reakcję przyrostową sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) rosnącej w Lasach Miejskich Szczecina. *Leśne Prace Badawcze*, 79 (2), 105-112. [Cedro, A., & Cedro, D. (2018). Influence of climatic conditions and air pollution on radial growth of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in Szczecin's city forests. *Leśne Prace Badawcze*, 79 (2), 105-112. <https://doi.org/10.2478/frp-2018-0011>] (in Polish)
- Długosiewicz, J., Zając, S., & Wysocka-Fijorek, E. (2019). Ocena naturalnego i sztucznego odnowienia drzewostanów sosnowych *Pinus sylvestris* L. w Nadleśnictwie Nowa Dęba. *Leśne Prace Badawcze*, 80 (2), 105-116. [Długosiewicz, J., Zając, S., & Wysocka-Fijorek, E. (2019). Evaluation of the natural and artificial regeneration of Scots pine *Pinus sylvestris* L. stands in the Forest District Nowa Dęba. *Leśne Prace Badawcze*, 80 (2), 105-116. <https://doi.org/10.2478/frp-2019-0009>] (in Polish)
- Elferts, D. (2007). Scots pine pointer-years in north-western Latvia and their relationship with climatic factors. *Acta University Latvia*, 723, 163-170. Retrieved from <http://eeb.lu.lv/EEB/2007/Elferts.shtml>
- Gil, W. (2014). Wpływ więzby sadzenia na wzrost i przeżywalność sosny zwyczajnej w okresie około 40 lat od założenia uprawy w zróżnicowanych warunkach siedliskowych. *Leśne Prace Badawcze*, 75 (2): 117-125. [Gil, W. (2014). The influence of initial spacing on growth and survival of Scots pine in 40 years period of cultivation in varied habitat conditions. *Leśne Prace Badawcze*, 75 (2): 117-125. <https://doi.org/10.2478/frp-2014-0011>] (in Polish)
- Lavnyy, V.V., & Spathelf, P. (2018). Kiefernwälder der Ukraine und ihre Bewirtschaftung. *AFZ der Wald: allgemeine Forstzeitschrift für Waldwirtschaft und Umweltvorsorge*, 17, 37-42. [Lavnyy, V.V., & Spathelf, P. (2018). Pine forests of Ukraine and their management. *AFZ the Forest: general Forest magazine for forestry and environmental Protection*, 17, 37-42] (in German)
- Meshkova, V.L., & Borysenko, O.I. (2018). Prediction for bark beetles caused desiccation of pine stands. *Forestry and Forest Melioration*, 132, 155-161. <https://doi.org/10.33220/1026-3365.132.2018.155>
- Pasternak, V.P., Pryhodko, O.B., Pyvovar, T.S., & Yarotsky, V.Y. (2021). Dynamics of pine stands condition in SE "Lymanske Forestry". *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 21, 68-76. <https://doi.org/10.15421/412027>
- Pretzsch, H., del Rio M., Ammer, Ch., Avdagic, A., Barbeito, I., Bielak, K., ... Bravo-Oviedo, A. (2015). Growth and yield of mixed versus pure stands of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and European beech (*Fagus sylvatica* L.) analysed along a productivity gradient through Europe. *European Journal of Forest Research*, 134 (5), 927-947. <https://doi.org/10.1007/s10342-015-0900-4>
- Przybylski, P., Tyburski, L., & Mohytych, V. (2020). The relationship between height and diameter trees of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and the extent of crown defoliation in the Kampinos National Park. *Folia Forestalia Polonica, Series A – Forestry*, 62 (1), 22-30. <https://doi.org/10.2478/ffp-2020-0003>
- Vytseha, R.R. (2020). Organization of close to nature silviculture object "Mizhhiria". In Proceedings of the IV International Scientific and Practical Conference *Applied Scientific and Technical Research*, 7-9. Ivano-Frankivsk: Vasyl Stefanyk Precarpathian National University. Retrieved from <https://kit.pnu.edu.ua/wp-content/uploads/sites/70/2020/10/ATSU2020.pdf>

### Scientific fundamentals of the establishment of the silvicultural demonstration plot "Borshchovychi"

V. Lavnyy<sup>1</sup>, R. Vytseha<sup>2</sup>, R. Kravchuk<sup>3</sup>,  
P. Spathelf<sup>4</sup>

In the State Forest Enterprise "Lviv" the scientific demonstration plot "Borshchovychi" was created for the study of various methods of Scots pine management.

The scheme of section placement in a stand of fresh hornbeam-oak-pine forest with different options for cutting intensity was proposed. In particular, five 50 × 80 m sections with 15-m buffer zones in between were laid evenly over the area of the taxation unit.

All trees in each section were numbered and their taxation indexes were measured. A total of 5.416 trees were counted, of which 4.870 were Scots pine trees. We calculated silvicultural and taxation indicators of stands in each section.

They differ slightly from each other. Thus, the shares of Scots pine in the standing volume ranges from 86.9% in the fifth section to 98.6% in the first section. The average diameter varies between 11.2-12.0 cm. The values of the average height are in the range of 10.8-11.5 m. The total growing stock of stands in the sections varies between 149.1-188.2 m<sup>3</sup>/ha. The density of the stand in the sections was 2398-3075 pieces/ha.

Pine trees are characterized by a significant variability in trunk diameter. This is indicated by the values of the coefficients of variation, which are approximately equal in all sections and range from 30.15 to 32.75%. Moreover, pine trees are approximately evenly distributed in the degree of thickness (without a clear concentration in a particular degree of thickness). Despite the significant variability

of tree diameter, the results of the experiment indicate a high accuracy, because the error value in any of the sections with a maximum of 1.10% does not exceed the allowable value.

Organizational and technical indicators of thinning in each of the sections are outlined. The first section is the control section, where no measures are planned. The number of trees designated for thinning, and the volume of the different thinning intensities (20% – in the second and fourth sections; 40% – in the third and fifth sections) are calculated. Thus, 349 trees (mainly the undergrowth specimens of Scots pine) are cut in the second section; 440 trees, including 363 Scots pine trees are cut in the third section; 183 trees, including 167 Scots pine trees, are cut in the fourth section and 298 trees, including 223 Scots pine trees, are cut in the fifth section. The selection of these trees on the sample plots was carried out according to their condition, Kraft class, category of technical quality and method of cutting (low thinning – in the second and fourth sections; high thinning or thinning from above – in the third and fifth sections). Stand characteristics of each section before and after the cut were calculated.

It was found that low thinning has no significant effect on the main stand characteristics of the stand after cutting, in particular on the average diameter and average height of the stand. Contrarily, high thinning has a significantly greater impact on taxation indicators of the stand after the intervention. From the totality of the trees left in the sections, future crop trees (65-72 pcs) of the main tree species (mainly Scots pine, less sessile oak) were identified, with a volume share of 9.5-12.0% of the total growing stock.

On the future crop trees, the branches in the lower part of the crown were pruned, which will ensure the formation of a well-tapered trunk and high-quality wood in the future.

**Key words:** pine stands; low thinning; high thinning; intensity of cutting; future crop trees; research on long-term observation plots.

<sup>1</sup> *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](https://orcid.org/0000-0003-2069-9026)

<sup>2</sup> *Ruslan Vytseha* – PhD in Agricultural Sciences, Docent, Associate Professor at the Department of forestry management. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: +38-097-297-34-37. E-mail: ruslan.vitseha@nltu.edu.ua ORCID: 0000-0002-8463-673X

<sup>3</sup> *Rostyslav Kravchuk* – PhD in Agricultural Sciences, Director of the Botanical Garden. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: +38-097-668-63-34. E-mail: rmkravchuk@gmail.com

<sup>4</sup> *Peter Spathelf* – Professor for Applied Silviculture at Eberswalde University for Sustainable Development. Schicklerstrasse 5, D-16225 Eberswalde, Germany. Tel.: +49(0)3334-657-171. E-mail: Peter.Spathelf@hnee.de

### 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/10.15421/412128>  
Article received 2021.09.12  
Article accepted 2021.12.29

ISSN 1991-606X print  
ISSN 2616-5015 online  
@ ✉ Correspondence author  
Hanna Boyko  
[hanna.boiko@nubip.edu.ua](mailto:hanna.boiko@nubip.edu.ua)

15 Heroiv Oborony st., Kyiv, 03041, Ukraine

УДК 630\*232.32 631.53.027 : 582.475.4

#### Вплив мікробних агентів і біопрепаратів на їх основі на біометричні показники сіянців *Pinus sylvestris* L.

Г. О. Бойко<sup>1</sup>, Н. В. Пузріна<sup>2</sup>, А. О. Бондар<sup>3</sup>, В. М. Гриб<sup>4</sup>

Найвищі показники проростання насіння *Pinus sylvestris* L. в умовах *in vitro* виявлено за умов їхнього оброблення штамами *Trichoderma viride* 2016, *Trichoderma lignorum* 201. Менш ефективними виявилися штами *Fusarium oxysporum* 206, *Fusarium sambucinum* 16, *Penicillium lanosum* 201, *Trichothecium roseum* 2016. У лісовому розсаднику для передпосівного оброблення насіння найефективнішими виявилися *Trichoderma viride* 2016, *Trichoderma viride* 16, *Trichoderma lignorum* 201, *Alternaria alternata* 2016. Фітотоксичний вплив виявили штами *Fusarium sambucinum* 2016, *Penicillium variable* 16, *Penicillium lanosum* 201, *Aspergillus fumigatus* 20, *Aspergillus fumigatus* 2016.

Оброблення насіння штамами *Trichoderma viride* 2016, *Trichoderma viride* 16 забезпечило збільшення висоти сіянців сосни на 15-19%, діаметра на кореневій шийці – на 10-21% та маси коренів – на 39-40%. Використання штамів *Trichoderma lignorum* 201, *Alternaria alternata* 2016 збільшило ці ж показники сіянців, порівняно з контролем, на 5-14, 5 та 37% відповідно.

Водна витяжка із мортмаси листків *Corylus avellana* сприяла збільшенню висоти сіянців на 19%, діаметра на кореневій шийці – на 15%, маси коренів – на 30%, порівняно із контролем. За оброблення насіння витяжкою із мортмаси листків *Tilia cordata* Mill. збільшення згаданих показників становило 13, 13 та 23% відповідно.

<sup>1</sup> Бойко Ганна Олексіївна – кандидат сільськогосподарських наук, старший викладач кафедри лісівництва. Національний університет біоресурсів і природокористування України, вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, 03041, Україна. Тел.: +38-068-389-26-78. E-mail: [hanna.boiko@nubip.edu.ua](mailto:hanna.boiko@nubip.edu.ua) ORCID: <https://orcid.org/my-orcid?orcid=0000-0001-7472-7972>

<sup>2</sup> Пузріна Наталія Василівна – член-кореспондент Лісівничої академії наук України, кандидат сільськогосподарських наук, доцент, завідувач кафедри лісівництва. Національний університет біоресурсів і природокористування України, вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, 03041, Україна. Тел.: +38-093-628-90-45, E-mail: [npuzrina@nubip.edu.ua](mailto:npuzrina@nubip.edu.ua) ORCID: <https://orcid.org/my-orcid?orcid=0000-0003-1645-7489>

<sup>3</sup> Бондар Анатолій Омелянович – академік Лісівничої академії наук України, начальник Вінницького обласного управління лісового та мисливського господарства, доктор сільськогосподарських наук, професор кафедри лісівництва. Національний університет біоресурсів і природокористування України, вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, 03041, Україна. Тел.: +38(0432)61-17-42. E-mail: [vinwood@mail3.nest.vn.ua](mailto:vinwood@mail3.nest.vn.ua)

<sup>4</sup> Гриб Володимир Макарович – доктор сільськогосподарських наук, професор кафедри лісівництва. Національний університет біоресурсів і природокористування України, вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, 03041, Україна. Тел.: +38-067-501-00-94. E-mail: [gvm1958@nubip.edu.ua](mailto:gvm1958@nubip.edu.ua) <https://scholar.google.com.ua/citations?user=H0oUmjgAAAAJ&hl=uk>

За оброблення насіння водною витяжкою із мортмаси листків *Quercus robur* L. та *Alnus glutinosa* Gaertn. ріст сіяньців пригнічувався: їхня висота, порівняно з контролем, зменшилася на 23 і 13%, діаметр на кореневій шийці – на 29 і 11%, маса корінців – на 9 і 33%.

За оброблення насіння біопрепаратами Триходермін, Гаупсин, Планриз у лабораторних умовах, його якісні показники в усіх варіантах були вищими, ніж на контролі. У лісовому розсаднику за передпосівного оброблення насіння зазначеними вище біопрепаратами висота сіяньців збільшилася на 5-19%, діаметр на кореневій шийці – на 10-21%, а маса коренів – на 38-53%, порівняно із контролем. Менш ефективними виявилися біопрепарати Мікосан-Н і Фітоспорин.

**Ключові слова:** насіння; садивний матеріал; мікроміцети; мортмаса; штами грибів; висота сіяньців; діаметр на кореневій шийці; маса коренів; гриби; бактерії.

**Вступ (Introduction).** Для отримання якісного садивного матеріалу *Pinus sylvestris* L. цікавим і актуальним видається використання вискоєфективних та екологічно безпечних препаратів, в основі яких є живі культури мікроорганізмів. Крім цього, гриби та бактерії здатні продукувати біологічно активні речовини зі стимулюючим ефектом.

Штами грибів володіють біологічною активністю, здатною пришвидшувати ріст мікроорганізмів, рослин, характеризуються високим вмістом білка і широким спектром різних біологічно активних речовин у біомасі та культуральній рідині, що зазвичай важливо для біотехнології (Білай, 1984, 1998).

Створення вискоєфективних та екологічно безпечних технологій, які здатні на належному рівні підтримувати біотичну стійкість лісових екосистем, є актуальним завданням і має бути спрямоване на посилення біологічного захисту рослин проти шкідливих організмів. Застосування мікроорганізмів у складі біопрепаратів ґрунтується на використанні наявних у природі взаємовідносин між патогенною і сапротрофною мікобіотою та рослинами, що забезпечує їхню специфічну вибірковість, порівняно з хімічними пестицидами (Дьяков, 1992).

На сьогодні у вітчизняній і світовій науці спостережено підвищену зацікавленість до вивчення грибів. Це пов'язано, насамперед, із кардинальним переглядом значущості та унікальності екологічних функцій, які контролюються грибами у природних екосистемах. Гриби були і залишаються одним із головних та перспективних об'єктів біотехнології (Антонов, 1990).

Відзначено зацікавленість до мікроскопічних грибів, насамперед як до потенційних продуцентів господарсько значущих ферментів, що виробляються грибами родів *Acremonium*, *Alternaria*, *Aspergillus*, *Gladosporium*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Trichoderma*, та ін. Так, про мікроміцети роду *Trichoderma*, зважаючи на їхню високу ефективність у боротьбі зі збудниками хвороб рослин, у різних країнах нагромаджено значний фактичний матеріал, який стосується фізіолого-морфологічних, біохімічних і генетичних досліджень грибів, а також технологій одержання біопрепаратів з їх успішним використанням (Харченко, 1986).

У цьому аспекті варто згадати відомий препарат Триходермін, до складу якого входять мікроміцети виду *Trichoderma viride*. Вони здатні виділяти

різні речовини: регулятори росту (ауксини, цитокини), вітаміни та антибіотики. Фітогормони, які виділяє *Trichoderma*, надходять у рослину та стимулюють її швидкий ріст і розвиток. Препарат створено на основі гриба *Trichoderma lignorum* Harz., який є антагоністом багатьох фітопатогенних грибів, пов'язаних у своєму розвитку із ґрунтом, і характеризується високою активністю проти багатьох збудників хвороб рослин із родів *Alternaria*, *Botrytis*, *Colletotrichum*, *Fusarium*, *Phoma*, *Pythium*, *Rhizoctonia*, *Sclerotinia*, *Verticillium*.

Гриби роду *Trichoderma* є антагоністами збудників багатьох хвороб лісових деревних рослин, зокрема і збудників вилягання сіяньців. Механізм захисної дії *Trichoderma* spp. ґрунтується на здатності пригнічувати розвиток патогенних мікроорганізмів у ризосфері рослин і стимулювати їхній розвиток внаслідок виділення біологічно активних речовин.

Існують дані щодо стимулюючої дії *Trichoderma* spp. на проростання насіння бавовни і кукурудзи, встановлено позитивний вплив мікроміцетів на ріст коренів і надземної маси баклажанів, перцю і томатів (Розенфельд, 2005). Водночас деякі автори (Підоплічко, 1991) вказують на фітотоксичні властивості та інгібування проростання насіння хвойних видами роду *Trichoderma*, які мають високу ферментативну активність. Здійснені зарубіжними вченими дослідження з поширення видів роду *Trichoderma* показали, що більшість видів заселяє певний субстрат (Fernbach, & Mohr, 1990). Перспективність грибів роду *Trichoderma* полягає у найповнішому залученні їхніх унікальних біологічних властивостей. За використання грибів роду *Trichoderma* зазвичай не враховують той факт, що внесення антагоністично активних штамів у сформований біоценоз спричинює комплекс складних взаємодій з ґрунтовою мікрофлорою і вищими рослинами. Також маловивчене питання щодо поширення різних видів роду *Trichoderma* в лісових біоценозах та їхнього використання для захисту рослин (Підоплічко, 1977, 1978, 1991).

**Мета дослідження** полягає в оцінюванні фітотоксичного і стимулюючого впливу виділених із насіння *Pinus sylvestris* штамів грибів, водної витяжки із мортмаси листків різних деревних рослин і біопрепаратів (на основі грибів, бактерій) на біометричні показники сіяньців хвойного виду.

Об'єктом дослідження були біометричні показники сіянців *Pinus sylvestris*. Предмет дослідження – стимулююча роль штамів грибів, водної витяжки із мортмаси листків різних деревних рослин і біопрепаратів на процес вирощування садивного матеріалу *Pinus sylvestris*.

**Об'єкти і методика досліджень (Objects and methods).** Матеріалом для досліджень слугувало насіння *Pinus sylvestris*, зібране у середньовікових соснових насадженнях свіжого грабово-дубово-соснового сугруду на території лісового фонду ДП «Городницьке лісове господарство» Новоград-Волинського району Житомирської області.

Для визначення фітотоксичності ізолятів мікроміцетів їх вирощували поверхневим методом на рідкому поживному середовищі Чапека в ерленмейєрвських колбах об'ємом 150 мл. Температура культивування грибів становила 26-28°. Токсичність культуральної рідини визначали на 7-14-ту добу росту гриба. Перед визначенням токсичності культуральну рідину відділяли від міцелію фільтруванням. Насіння *Pinus sylvestris* (по 30 насінин), замочене у фільтратах грибів (10 мл, впродовж 18 год.), розкладали на фільтрувальний папір у чашках Петрі. Контролем слугувало насіння сосни, намочене у середовищі Чапека, яке пророщували 7-14 діб за температури 20-25°C (ДСТУ 8558:2015).

У польових умовах визначали біометричні показники однорічних сіянців сосни, вирощених із насіння, обробленого різними розчинами. Для цього насіння намочували на 18 год. у свіжо приготовлених водних розчинах із мортмаси листових опадів, культуральних рідин мікроміцетів, біопрепаратів Триходермін, Гаупсин, Планриз, Мікосан, Фітоспорин (1 : 1 : 1) та у воді (контроль).

Оброблене насіння висівали у розсаднику для оцінювання впливу різних розчинів на біометричні показники садивного матеріалу *Pinus sylvestris*. Насіння висівали з розрахунку по 200 шт. на 1 м довжини посівної борозенки. Після закінчення вегетації було здійснено облік сіянців, виміряно біометричні показники (висоту, довжину корінців, діаметр на кореневій шийці). Також визначено повітряно-суху масу 100 однорічних сіянців (окремо – коренів і надземної частини) та розраховано відношення маси коренів до маси надземної частини. Отримані дані оброблено методами варіаційної статистики з визначенням їхньої достовірності за t-критерієм Стьюдента. Розрахунки і статистичне оброблення даних здійснено за допомогою комп'ютерних програм Microsoft Excel.

У вирощених сіянців вимірювали висоту та діаметр на кореневій шийці з точністю до міліметра. Сіянці зважували на електронних вагах з точністю до 1 мг і визначали масу їхніх коренів у повітряно-сухому стані. Отримані результати обробляли статистично.

Мікологічні та мікробіологічні дослідження здійснювали у трьох повторностях. Цифровий матеріал обробляли методами варіаційної статистики. Стандартну похибку показників чисельності мікроорганізмів у мікобіоті насіння визначали за допомогою пакета прикладних програм Microsoft Office. Графіки побудовано за допомогою стандартних програм Excel.

**Результати (Results).** Для здійснення досліджень у польових умовах було відібрано найактивніші штами *Trichoderma viride* 2016, *Trichoderma lignorum* 201, *Alternaria alternata* 2016, *Trichoderma viride* 16 (табл. 1).

Таблиця 1

### Вплив активних штамів мікроміцетів на біометричні показники однорічних сіянців

Table 1. Influence of active strains of micromycetes on biometric parameters of seedlings

Вид, штам гриба	Біометричні показники				Повітряно-суха маса 100 сіянців, г / %	
	висота		діаметр на кореневій шийці		корені	усього
	H ± m, см / %	t <sub>ф</sub>	D ± m, мм / %	t <sub>ф</sub>		
Контроль (вода)	10,7±0,27 / 100	–	1,9±0,04 / 100	–	11,9 / 100	45,6 / 100
<i>Trichoderma viride</i> 2016	12,3±0,33 / 115	3,80	2,4±0,05 / 121	6,16	16,8 / 139	58,6 / 128
<i>Trichoderma lignorum</i> 201	12,3±0,34 / 114	1,19	2,1±0,04 / 110	4,67	18,1 / 147	58,5 / 128
<i>Alternaria alternata</i> 2016	10,2±0,26 / 105	4,17	1,9±0,05 / 105	–	15,3 / 134	53,0 / 126
<i>Trichoderma viride</i> 16	12,8±0,26 / 119	5,56	2,1±0,06 / 110	1,43	18,5 / 140	60,4 / 132

Примітка. t<sub>st</sub> = 1,98 (P=0,95); t<sub>st</sub> = 2,62 (P=0,99)

У лісовому розсаднику за передпосівного оброблення насіння найактивнішими були штами *Trichoderma viride* 2016, *Trichoderma viride* 16. Порівняно з контролем, їхнє застосування зумовило збільшення висоти сіянців на 15-19%, діаметра на кореневій шийці – на 10-21% та маси коренів – на 39-40% (рис. 1).

За результатами досліджень, інший штам – *Trichoderma lignorum* 201 також суттєво вплинув, порівняно з контролем, на збільшення у сіянців висоти (на 14%), діаметра на кореневій шийці (на 5%) і маси коренів (на 37%) (рис. 2).

За впливу штаму *Alternaria alternata* 2016 зафіксовано незначне збільшення висоти сіянців і діамет-

ра на кореневій шийці (на 5%), із одночасним суттєвим збільшенням маси коренів – на 37%. Гриби роду *Trichoderma* активно беруть участь у розкладанні органічних сполук, процесах амоніфікації і посилення мобілізації фосфору та калію, збагачуючи ґрунт рухливими поживними речовинами; сприяють нагромадженню бактерій роду *Azotobacter* і бульбочкових бактерій (Бойко, Башта, 2015).



Рис. 1. Стимулюючий вплив *Trichoderma viride* 16 на біометричні показники сіянців *Pinus sylvestris*: 2 – *Trichoderma viride* 16, К – контроль

Fig. 1. The galvanizing effect of *Trichoderma viride* 16 on biometric parameters of Scots pine seedlings: 2 – *Trichoderma viride* 16, K – Control



Рис. 2. Стимулюючий вплив мікроміцетів (8 – *Trichoderma lignorum* 201; К – контроль) на висоту однорічних сіянців *Pinus sylvestris*

Fig. 2. The galvanizing effect of micromycetes (8 – *Trichoderma lignorum* 201; K – Control) on the height of annual seedlings

Окрім опосередкованої дії через ризосферну мікрофлору, гриби роду *Trichoderma* можуть безпосередньо впливати на метаболічні процеси, що від-

буваються у рослині, оскільки гриби здатні виділяти ауксини, гібереліни та інші сполуки. Гриби роду *Trichoderma* безпосередньо впливають на ростові процеси, але не за гібереліновим, а за ауксиновим типом, за якого відбувається не тільки витягування клітин, але й нагромадження біомаси, потовщення стовбурців у рослин, що узгоджується з результатами інших досліджень (Ратука, 2007).

За останні десятиріччя значного поширення набули ферментні препарати мікробіологічного походження (бактеріального і грибного), які отримують як метаболіти під час штучного культивування їх продуцентів у глибинній або поверхневій культурі, у рідкому або твердому середовищі. Серед них варто виділити такі.

Мікосан-Н – біологічний препарат фунгіцидної дії на основі афілофорального гриба *Fomes fomentarius*. Діюча речовина, отримана із грибних клітин, проникає у клітини рослин і стимулює утворення в рослинах ферментів, які мають властивість руйнувати клітинні стінки фітопатогенних грибів.

Гаупсин – бактеріальний інсекто-фунгіцидний препарат, який містить життєздатні клітини бактерій *Pseudomonas aureofaciens* і залишки компонентів живильного середовища, ефективний проти шкідливих комах і збудників хвороб. Гаупсин має антимікробну, фунгіцидну, ентомопатогенну і ростову стимулюючу дію, не поступаючись за ефективністю хімічним препаратам.

Планриз – біологічний препарат на основі ґрунтових бактерій *Pseudomonas fluorescens* AP-33. Ефективний як профілактичний засіб проти грибних і бактеріальних збудників, йому притаманні ростові стимулюючі властивості. Бактерії *Pseudomonas fluorescens*, окрім прямого пригнічення шкідливої мікрофлори, сприяють виділенню рослинами фітоалексинів, підвищують їхній імунітет, а також, за умови передпосівного оброблення насіння, пригнічують дію насінневої інфекції.

Фітоспорин – мікробіологічний препарат, призначений для захисту рослин від грибних і бактеріальних хвороб. Діючою речовиною препарату є живі клітини бактеріальної культури *Bacillus subtilis* (Розенфельд, 2005).

Передпосівне оброблення насіння *Pinus sylvestris* у лісовому розсаднику також було здійснено водними витяжками із мортмаси листків берези, ліщини, липи, осики, вільхи, дуба. Результати досліджень наведено у табл. 2.

Максимальну кількість бактерій виявлено у підстилці під широколистяними лісами, мінімальну – під хвойними. Подібну закономірність встановлено також для мікроміцетів, яких у підстилці рослинних угруповань у 2-3 рази більше, ніж бактерій. Найбільшу кількість видів мікроміцетів відзначено у дібровах, що узгоджується з найвищими показниками трюфності, порівняно з бідними типами лісорослинних умов, де переважають березняки, осичники і сосняки. При цьому спостережено особливості компонентів складу мікобіоти підстилки і ґрунтів у різних рослинних асоціаціях (Дьяков, 1992).

Вплив водних витяжок із мортмаси листків деревних порід на біометричні показники сіянців *Pinus sylvestris*Table 2. Influence of water extracts of woody species leaf mortmass on biometric indicators of *Pinus sylvestris* seedlings

Водна витяжка із мортмаси листків деревних порід	Біометричні показники				Повітряно-суха маса 100 сіянців, г / %	
	висота		діаметр на кореневій шийці		коріння	усього
	H ± m, см / %	t <sub>ф</sub>	D ± m, мм / %	t <sub>ф</sub>		
Контроль	10,9±0,22 / 100	–	1,9±0,04 / 100	–	12,5 / 100	45,6 / 100
Береза	12,7±0,32 / 114	3,80	2,2±0,05 / 112	6,16	15,7 / 121	58,5 / 128
Ліщина	11,8±0,31 / 113	1,17	2,1±0,04 / 111	4,67	18,2 / 123	58,6 / 128
Липа	13,9±0,22 / 113	4,14	2,0±0,05 / 113	–	18,9 / 123	60,0 / 131
Осика	14,7±0,23 / 119	5,53	2,1±0,06 / 115	1,43	19,2 / 130	60,4 / 132
Вільха	9,5±0,27 / 77	–	1,0±0,02 / 71	0,44	8,1 / 91	38,5 / 91
Дуб	8,5±0,11/51	–	1,2±0,04/65	0,25	9,4/61	21,3 /78

Примітка. t<sub>st</sub> = 1,98 (P=0,95); t<sub>st</sub> = 2,62 (P=0,99)

У варіанті оброблення насіння сосни витяжкою із мортмаси листків *Corylus avellana* L. спостережено збільшення висоти сіянців на 13%, діаметра на кореневій шийці – на 11%, маси корінців – на 23% (рис. 3).

За оброблення насіння сосни водною витяжкою із мортмаси листків *Betula pendula* Roth. відзначено збільшення висоти сіянців на 14%, діаметра на кореневій шийці – на 12%, маси корінців – на

21% (рис. 4). За оброблення насіння витяжкою із мортмаси листків *Tilia cordata* Mill. збільшення згаданих показників становило 13, 13 та 23% відповідно.

За оброблення насіння водною витяжкою із мортмаси листків *Alnus glutinosa* та *Quercus robur* ріст сіянців пригнічувався, їхня висота зменшилася на 23 і 49%, діаметр на кореневій шийці – на 29 і 35%, маса коренів – на 9 і 39% (рис. 5).



Рис. 3. Стимулюючий вплив водної витяжки із мортмаси листків *Corylus avellana* на біометричні показники сіянців: К – контроль, І – водна витяжка із мортмаси листків *Corylus avellana*

Fig. 3. The galvanizing effect of aqueous extract of hazelnut leaf mortmass on biometric indicators of seedlings: K – Control, I – Aqueous extract of hazelnut leaf mortmass

Полив сіянців сосни водною витяжкою із мортмаси листків *Alnus glutinosa* об'ємом 1 л на 1 м<sup>2</sup> з періодичністю два рази на тиждень стало причиною ще більшого зменшення висоти сіянців – на 13%, діаметра на кореневій шийці – на 11%, маси

корінців – на 33% порівняно із контролем (рис. 6). Окрім цього, у лісовому розсаднику здійснено передпосівне оброблення насіння *Pinus sylvestris* різними біопрепаратами. Результати дослідів наведено у табл. 3.





Рис. 4. Стимулюючий вплив водної витяжки із мортмаси листків *Betula pendula* на біометричні показники сіянців сосни: К – контроль, 3 – водна витяжка із мортмаси листків *Betula pendula*

Fig. 4. The galvanizing effect of aqueous extract of birch leaf mortmass on biometric indicators of seedlings: К – control, 3 – water extract of birch leaf mortmass



Рис. 5. Інгібіруючий вплив водної витяжки із мортмаси листків *Quercus robur* на біометричні показники сіянців: К – контроль, 12 – водна витяжка із мортмаси листків *Quercus robur*

Fig. 5. The inhibitory effect of water extract of oak leaf mortmass on biometric indicators of seedlings: К – control, 12 – water extract of oak leaf mortmass



Рис. 6. Інгібіруючий вплив водної витяжки мортмаси листків *Alnus glutinosa* на біометричні показники сіянців: К – контроль, 12 – водна витяжка із мортмаси листків *Alnus glutinosa*

Fig. 6. The influence of aqueous extract of alder leaf mortmass on biometric indicators of seedlings: К – control, 12 – aqueous extract of alder leaf mortmass

Біометричні показники сіянців, вирощених за оброблення насіння біопрепаратами Триходермін, Гаупсин (концентрація 1 : 1), практично в усіх варіантах були вищими, ніж на контролі. За передпосівного оброблення насіння у розсаднику найбіль-

шу відмінність, порівняно з контролем, спостережено у варіантах з використанням Гаупсину – сіянці перевищували контроль за висотою на 15%, за діаметром на кореневій шийці – на 10%, за масою коренів – на 53% (рис. 7).

Вплив біопрепаратів на біометричні показники сіянців *Pinus sylvestris*

Table 3. Influence of biologicals on biometric parameters of seedlings

Біопрепарат	Біометричні показники				Повітряно-суха маса 100 сіянців, г / %	
	висота		діаметр на кореневій шийці		коренів	усього
	$H \pm m$ , см / %	$t_{\phi}$	$D \pm m$ , мм / %	$t_{\phi}$		
Контроль	10,9±0,22 / 100	–	1,9±0,04 / 100	–	12,8 / 100	45,6 / 100
Триходермін	12,3±0,32 / 114	3,80	2,2±0,05 / 121	6,16	17,7 / 138	58,5 / 128
Мікосан – Н	11,2±0,31 / 105	1,17	2,1±0,04 / 109	4,67	19,2 / 148	58,6 / 128
Гаупсин	12,9±0,22 / 119	4,14	2,0±0,05 / 110	–	19,9 / 153	60,0 / 131
Планриз	12,7±0,23 / 115	5,53	2,1±0,06 / 110	1,43	18,2 / 140	60,4 / 132
Фітоспорин	10,5±0,27 / 99	–	1,9±0,06 / 99	0,64	11,1 / 88	41,5 / 91

Примітка.  $t_{st} = 1,98$  ( $P = 0,95$ );  $t_{st} = 2,62$  ( $P = 0,99$ )



Рис. 7. Стимулюючий вплив біопрепарату Гаупсин на біометричні показники сіянців *Pinus sylvestris*:  
К – контроль, 10 – Гаупсин

Fig. 7. The galvanizing effect of biological product Gaupsin on biometric parameters of *Pinus sylvestris* seedlings:  
K – control, 10 – Gaupsin

У варіанті оброблення насіння Триходерміном відзначено збільшення висоти сіянців на 14%, діаметра на кореневій шийці – на 21%, маси коренів – на 27% (рис. 8). Не менш ефективною вияви-

лася дія препарату Планриз на сіянці сосни, який також позитивно вплинув на збільшення висоти рослин на 15%, діаметра на кореневій шийці – на 9%, маси коренів – на 40% (рис. 9).



Рис. 8. Стимулюючий вплив біопрепарату Триходермін на біометричні показники сіянців *Pinus sylvestris*:  
К – контроль, 9 – Триходермін

Fig. 8. The galvanizing effect of the biological product Trichodermin on the biometric parameters of *Pinus sylvestris* seedlings: K – control, 9 – Trichodermin



Рис. 9. Стимулюючий вплив біопрепарату Планриз на біометричні показники сіянців *Pinus sylvestris*:  
 К – контроль, 7 – Планриз

Fig. 9. The galvanizing effect of biological product Planriz on biometric indicators of *Pinus sylvestris* seedlings:  
 K – control, 7 – Planriz

За умов оброблення насіння сосни Мікосаном-Н встановлено збільшення висоти сіянців на 5%, діаметра на кореневій шийці – на 9% та маси коренів – на 48% (рис. 10).

Найменш ефективним виявилось оброблення сіянців сосни Фітоспорином, де висота сіянців та діаметр на кореневій шийці були меншими, ніж на контролі, на 1%, а маса коренів – нижчою на 12%.



Рис. 10. Стимулюючий вплив біопрепарату Мікосан на біометричні показники сіянців *Pinus sylvestris*:  
 К – контроль, 6 – Мікосан

Fig. 10. The galvanizing effect of the Mikosan biological product on seedling biometrics of *Pinus sylvestris*:  
 K – control, 6 – Mikosan

Отже, можна стверджувати, що передпосівне оброблення насіння *Pinus sylvestris* певними групами біопрепаратів мало позитивний вплив, що відобразилось на збільшенні біометричних показників сіянців деревного виду. За результатами досліджень, найвищу активність у лабораторних і польових умовах виявили препарати Триходермін і Гаупсин, які може бути рекомендовано для застосування у лісовому господарстві для передпосівного оброблення насіння.

**Дискусія (Discussion).** Перевагою мікробних препаратів є їхня багаторічна дія. Внесений у вигляді біопрепарату в навколишнє середовище або орган рослини мікроорганізм продовжує впро-

довж тривалого часу жити, розмножуватися і впливати не лише на мікобіоту в її системній єдності, але й на рослину. В усьому світі широко застосовують бактеріальні та грибні препарати – антагоністи фітопатогенів. Найпоширенішими є препарати на основі бактерій двох родів *Bacillus* і *Pseudomonas* (Бойко, Пузріна, 2015). Бактерії роду *Pseudomonas* не утворюють спор, але вони є природними регуляторами фітопатогенних мікроорганізмів, добре засвоюють органічні субстрати, продукують антибіотики та регулятори росту.

Важливим аспектом використання біологічних агентів у захисті рослин, здатних стримувати розвиток інфекції, є приживлюваність їх у ґрунті. Три-

вале збереження ґрунтової біоти зумовлене низкою чинників, одним з яких є кислотність ґрунтів. Щорічна оцінка дії екстрактів ґрунту лісорозсадника на продуценти біопрепаратів (штами *Trichoderma* МГ-97 і *Trichoderma*, штам «Універсальний») показала, що ґрунт розсадника має високу токсичну дію на проростання спор грибів.

Крім бактеріальних препаратів, широко застосовують препарати на основі грибів. Їх можна поділити на дві групи: 1) препарати на основі мікроміцетів-антагоністів, які в боротьбі за субстрат продукують сильні антибіотики і пригнічують розвиток фітопатогенів; 2) препарати на основі мікроміцетів-гіперпаразитів, які безпосередньо харчуються міцелієм фітопатогенів та їх спорами (Патика, 2007). Варто зазначити, що продукування стимулюючих речовин посилює ріст рослин. Виділені ізоляти бактерій *Pseudomonas* spp., *Arthrobacter* spp. і *Agrobacterium* spp. здатні стимулювати ріст *Pinus sylvestris* на глинисто-піщаному ґрунті (Egamberdiyeva, & Naahetela, 2003). Мікробні інокулянти (*Trichoderma harzianum*, *Pseudomonas fluorescens*, *Laccaria laccata*), щеплені окремо або в комбінації, значно покращують ріст і збільшують біомасу проростків (Ahangar, Dar, & Bhat, 2012). Саджанцям *Pinus sylvestris* потрібне синє або ультрафіолетове (UV-A) світло, а також гібереліни й ауксини, які стимулюють їхній ріст (Novikov et al., 2021). Низькоінтенсивне когерентне опромінення насіння позитивно впливає на ріст проростків як сосни, так і цукрових буряків (Salmia, 1980).

**Висновки (Conclusions).** Найвищі показники проростання насіння *Pinus sylvestris* в умовах *in vitro* виявлено за умов їхнього оброблення штамами *Trichoderma viride* 2016, *Trichoderma lignorum* 201. Менш ефективними виявилися штами *Fusarium oxysporum* 206, *Fusarium sambucinum* 16, *Penicillium lanosum* 201, *Trichothecium roseum* 2016. У лісовому розсаднику для передпосівного оброблення насіння найефективнішими виявилися *Trichoderma viride* 2016, *Trichoderma viride* 16, *Trichoderma lignorum* 201, *Alternaria alternata* 2016. Фітотоксичний вплив виявили штами *Fusarium sambucinum* 2016, *Penicillium variabile* 16, *Penicillium lanosum* 201, *Aspergillus fumigatus* 20, *Aspergillus fumigatus* 2016.

Оброблення насіння штамами *Trichoderma viride* 2016, *Trichoderma viride* 16 забезпечило збільшення висоти сіянців сосни на 15-19%, діаметра на кореневій шийці – на 10-21% та маси коренів – на 39-40%. Використання штамів *Trichoderma lignorum* 201, *Alternaria alternata* 2016 збільшило ці ж показники сіянців, порівняно з контролем, на 5-14, 5 та 37% відповідно.

Водна витяжка із мортмаси листків *Populus tremula* сприяла збільшенню висоти сіянців на 19%, діаметра на кореневій шийці – на 15%, маси корінців – на 30%, порівняно із контролем. За оброблення насіння витяжкою із мортмаси листків *Tilia cordata* збільшення цих показників становило 13, 13 та 23% відповідно.

За оброблення насіння водною витяжкою із мортмаси листків *Alnus glutinosa* та *Quercus robur* ріст сіянців пригнічувався: їхня висота, порівняно з контролем, зменшилася на 23 і 13%, діаметр на кореневій шийці – на 29 і 11%, маса корінців – на 9 і 33%.

За умов оброблення насіння біопрепаратами Триходермін, Гаупсин, Планриз у лабораторних умовах, його якісні показники практично в усіх варіантах були вищими, ніж на контролі. У лісовому розсаднику за передпосівного оброблення насіння зазначеними вище біопрепаратами висота сіянців збільшилася на 5-19%, діаметр на кореневій шийці – на 10-21%, а маса коренів – на 38-53% порівняно із контролем. Менш ефективними виявилися біопрепарати Мікосан-Н і Фітоспорин.

**Подяки (Acknowledgements).** Висловлюємо подяку директору ДП «Городницьке ЛГ» Мельнику Віктору Сергійовичу за сприяння у проведенні польових досліджень під час збору експериментальних даних. Також висловлюємо подяку доценту кафедри відтворення лісів та лісових меліорацій Пінчуку Андрію Петровичу за попереднє рецензування статті, а також двом невідомим опонентам.

### Список літератури (References)

- Антонов, Н. М. (1990). *Влияние возраста материнского насаждения на качество семян*. Киев: Изд-во К земле с любовью [Antonov, N. M. (1990). *Influence of the age of the parent stand on the quality of seeds*. Kiev: Publishing house To the earth with love] (in Russian)
- Білай, В. І. (1998). *Біологічно активні речовини мікроскопічних грибів та їх застосування*. Київ: Наукова думка [Bilaj, V. I. (1998). *Biologically active substances of microscopic fungi and their application*. Kyiv: Scientific thought] (in Ukrainian)
- Білай, В. І. (1984). *Ґрунтові мікроміцети*. Київ: Наукова думка [Bilaj, V. I. (1984). *Soil micromycetes*. Kyiv: Scientific thought] (in Ukrainian)
- Бойко, Г. О., Башта, О. В. (2015). Мікобіота насіння сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.). *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України*, 25.9, 28-34. [Bojko, G. O., & Bashta, O. V. (2015). Mycobiota seeds of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). *Scientific Bulletin of the Ukrainian National Forestry University*, 25.9, 28-34. <https://doi.org/10.15421/40250905>] (in Ukrainian)
- Бойко, Г. О., Пузріна, Н. В. (2015). Схожість та енергія проростання насіння сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) різного кольору. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*, 219, 113-117. [Bojko, G. O., & Puzrina, N. V. (2015). Germination and germination energy of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seeds of different colors. *Scientific Bulletin of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*, 219, 113-117. Retrieved from <http://www.irbis-nbuv.gov.ua>] (in Ukrainian)

- Дьяков, Ю.Т. (1992). *Стратегії життя фітопатогенних грибів та їх еволюція*. Київ: Наукова думка [Diakov, Yu. T. (1992). *Life strategies of phytopathogenic fungi and their evolution*. Kyiv: Scientific thought] (in Ukrainian)
- ДСТУ 8558:2015 (2015). *Насіння дерев і кущів. Методи визначення посівних якостей (схожості, життєздатності, доброякісності)*. [Чинний від 01.01.2017]. Вид. офіційне. Київ: Держстандарти України [DSTU 8558:2015. (2015). *Seeds of trees and shrubs. Methods for determining sowing qualities (germination, viability, good quality)*. [Effective from 01.01.2017]. The official edition. Kyiv: State Standards of Ukraine] (in Ukrainian)
- Патика, В.П. (2007). *Екологія мікроорганізмів*. Київ: Основа [Patyka, V.P. (2007). *Ecology of microorganisms*. Kyiv: Basis] (in Ukrainian)
- Підоплічко, Н.М. (1977). *Атлас грибних мікроорганізмів*. Київ: Наукова думка [Pidoplichko N.M. (1977). *Atlas of mushroom microorganisms*. Kyiv: Scientific thought] (in Ukrainian)
- Підоплічко, Н.М. (1991). *Грибна флора ґрубих кормів*. Київ: Вид-во АН УРСР [Pidoplichko, N.M. (1991). *Mushroom flora of roughage*. Kyiv: Publishing House of the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR] (in Ukrainian)
- Підоплічко, Н.М. (1978). *Фітотоксичність грибів роду Fusarium – збудника корневих гнилей озимої пшениці*. Київ: Мікробіологія [Pidoplichko, N.M. (1978). *Phytotoxicity of fungi of the genus Fusarium – the causative agent of root rot of winter wheat*. Kyiv: Microbiology] (in Ukrainian)
- Розенфельд, В.В. (2005). *Фітопатогенні властивості штамів, виділених із насіння сосни*. Житомир: Полісся [Rozenfeld, V.V. (2005). *Phytopathogenic properties of strains isolated from pine seeds*. Zhytomir: Polissya] (in Ukrainian)
- Харченко, С.М. (1986). *Антимікробна активність мікотоксинів*. Київ: Наукова думка [Kharchenko, S.M. (1986). *Antimicrobial activity of mycotoxins*. Kyiv: Scientific thought] (in Ukrainian)
- Ahangar, M.A., Dar, G.H., & Bhat, Z.A. (2012). Growth response and nutrient uptake of blue pine (*Pinus wallichiana*) seedlings inoculated with rhizosphere microorganisms under temperate nursery conditions. *Annals of Forest Research*, 55 (2), 217-227. Retrieved from <https://www.afrjournal.org/index.php/afr/article/view/62>
- Egamberdiyeva, D., & Haahtela, K. (2003). Effect of plant growth promoting bacteria on growth of scots pine and silver birch seedlings. XII World Forestry Congress. Canada: Quebec. Retrieved from <https://www.fao.org/3/XII/0635-B4.htm>
- Fernbach, E., & Mohr, H. (1990). Coaction of blue/ultraviolet-A light and light absorbed by phytochrome in controlling growth of pine (*Pinus syles-tris* L.) seedlings. *Planta*, 180, 212-216. <https://doi.org/10.1007/BF00193998>
- Novikov A., Bartenev I., Podvigina O., Nechaeva O., Gavrin D., Zelikov V., Novikova T., & Ivetic V.

- (2021). The effect of low-intensive coherent seeds irradiation on germinants growth of Scots pine and sugar beet. *Journal of Forest Science*, 67, 427-435. <https://doi.org/10.1007/s10725-012-9681-7>
- Salmia, M.A. (1980). Inhibitors of endogenous proteinases in Scots pine seeds: Fractionation and activity changes during germination. *Physiologia Plantarum*, 48 (2), 266-270. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1980.tb03253.x>

### The influence of microbial agents and biological products based on them on the biometric parameters of *Pinus sylvestris* L. seedlings

H. Boyko<sup>1</sup>, N. Puzrina<sup>2</sup>, A. Bondar<sup>3</sup>, V. Hryb<sup>4</sup>

To obtain high-quality planting material of *Pinus sylvestris* L., it seems interesting and relevant to use highly effective and environmentally friendly preparations based on live cultures of microorganisms. In addition, fungi and bacteria are able to produce biologically active substances with a stimulating galvanizing effect.

The highest growth rates of *Pinus sylvestris* seeds *in vitro* conditions were found when they were treated with the strains of *Trichoderma viride* 2016, *Trichoderma lignorum* 201. The strains of *Fusarium oxysporum* 206, *Fusarium sambucinum* 16, *Penicillium lanosum* 201, *Trichothecium roseum* 2016 were less effective. The strains of *Trichoderma viride* 2016, *Trichoderma lignorum* 201, *Alternaria alternata* 2016 proved to be the most effective in the forest nursery for pre-sowing seed treatment. Phytotoxic effects were found in in

<sup>1</sup> Hanna Boyko – PhD in Agricultural Sciences, Senior Lecturer at the Department of Forestry, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 15 Heroiv Oborony st., Kyiv, Ukraine. Tel. : +38-068-389-26-78. E-mail: hanna.boiko@nubip.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/my-orcid?orcid=0000-0001-7472-7972>

<sup>2</sup> Natalia Puzrina – Corresponding Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Forestry, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 4 Burmystenko st., Kyiv, Ukraine. Tel.: +38-093-628-90-45. E-mail: npuzrina@nubip.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/my-orcid?orcid=0000-0003-1645-7489>

<sup>3</sup> Anatoliy Bondar – Full Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Doctor of Agricultural Sciences, Professor at the Department of Forestry, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 15 Heroiv Oborony st., Kyiv, Ukraine. Tel.: +38 (0432)-61-17-42. E-mail: vinwood@mail3.nest.vn.ua

<sup>4</sup> Volodymyr Hryb – Doctor of Agricultural Sciences, Professor at the Department of Forestry, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 15 Heroiv Oborony st., Kyiv, Ukraine. Tel.: +38-067-501-00-94. E-mail: gvm1958@nubip.edu.ua <https://scholar.google.com.ua/citations?user=H0oUmjgAAAAJ&hl=uk>

strains of *Fusarium sambucinum* 2016, *Penicillium variabile* 16, *Penicillium lanosum* 201, *Aspergillus fumigatus* 20, *Aspergillus fumigatus* 2016.

Seed treatment with the strains of *Trichoderma viride* 2016, *Trichoderma viride* 16 provided an increase in the height of pine seedlings by 15-19, in the diameter of the root collar – by 10-21 and in the mass of the roots – by 39-40%. The use of the strains of *Trichoderma lignorum* 201, *Alternaria alternata* 2016 increased the same indicators of seedlings, compared to the control, by 5-14, 5 and 37%, respectively.

Aqueous extract of *Corylus avellana* leaf mortmass increased the height of pine seedlings by 19, the diameter of the root collar by 15, and the mass of roots by 30% compared to the control. For seed treatment with water extract from the leaves of *Betula pendula* Roth. there was an increase in seedling height by 14, in the diameter of the root collar – by 12, in the mass of the roots – by 21%. For treatment of seeds with an extract from mortmass of leaves of *Tilia cordata* Mill. the increase of the mentioned indicators was 13, 13, and 23%, respectively.

When treating pine seeds with water extract from *Quercus robur* and *Alnus glutinosa* leaves, the growth of the seedlings was inhibited: their height decreased by 23 and 49, the diameter at the root collar – by 29 and 35, the root weight mass – by 9 and 39 %.

Watering pine seedlings with water extract from the leaves of *Alnus glutinosa* Gaertn. in the amount of 1 liter per 1 m<sup>2</sup> twice a week caused a decrease in the plant height by 13, in the diameter of the root collar – by 11, in the mass of the roots – by 33% compared to the control.

When treating pine seeds with an extract from mortmass of *Tilia cordata* Mill leaves. the increase in these indicators was 13, 13, and 23%, respectively.

When treating the seeds with biological preparations Trichodermin, Gaupsin, Planriz in laboratory conditions, their quality indicators in almost all variants were higher than those in the control. In the forest nursery, the pre-sowing treatment of seeds with the above biological products increased the height of seedlings by 5-19, the diameter of the root collar – by 10-21, and the mass of the roots – by 38-53% compared to the control.

The Mikosan-H and Fitosporin biologics proved to be less effective. Thus, under conditions of Mikosan-H pine seed treatment, the height of seedlings increased by 5, the diameter of the root collar – by 9, and the mass of the roots – by 48%. When treating pine seeds with Phytosporin, the height of seedlings and the diameter on the root collar were lower than in the control by 1%, and the mass of the roots was lower by 12%.

It can be argued that the most effective biological products were Trichodermin, Gaupsin and Planriz. Pre-sowing treatment of *Pinus sylvestris* seeds with these biological products had a positive effect, which was reflected in an increase in the biometric parameters of tree seedlings. The highest activity in laboratory and field conditions was found in the drugs Trichodermin and Gaupsin which can be recommended for use in forestry for pre-sowing seed treatment.

**Key words:** seeds; planting material; micromycetes; mortmass; fungal strains; seedling height; diameter at the root collar; root mass; mushrooms; bacteria.



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

<http://fasu.nltu.edu.ua>  
<https://doi.org/10.15421/412129>  
Article received 2021.06.23  
Article accepted 2021.12.29

ISSN 1991-606X print  
ISSN 2616-5015 online  
@ ✉ Correspondence author  
Iurii Debryniuk  
[debryniuk\\_ju@ukr.net](mailto:debryniuk_ju@ukr.net)

103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine

УДК 630\*181.65

## Вплив *Betula pendula* Roth. на таксаційні показники *Pinus sylvestris* L. у лісових культурах свіжого бору Західного Полісся

Ю. М. Дебринюк<sup>1</sup>, Ю. С. Миклуш<sup>2</sup>

У напрямі підвищення продуктивності та стійкості лісів у конкретних умовах особливого значення набувають заходи з поліпшення лісорослинних умов та ефективного використання потенційної родючості ґрунту. Підвищення ґрунтової родючості можна досягти через відповідний добір деревних порід у вирощуваних насадженнях і забезпечення їхнього складу, близького до оптимального. Тому актуальним питанням є встановлення раціональних схем і способів змішування під час створення лісових культур за участю *Pinus sylvestris* L. та *Betula pendula* Roth. у бідному типі лісорослинних умов, за яких хвойний вид відзначався би високою продуктивністю і стійкістю, використовуючи ґрунтополіпшувачий вплив берези повислої.

Мета роботи полягала у встановленні впливу дерев окремого ряду *Betula pendula* на середні висоту і діаметр дерев *Pinus sylvestris* у 6-рядній кулісі за окремими рядами, у визначенні оптимальної кількості рядів у кулісі сосни за певної ширини міжрядь, на які поширювався би позитивний вплив берези.

Сосна звичайна в умовах свіжих борів внаслідок бідності лісорослинних умов не може нагромаджувати високих запасів стовбурової деревини, зростаючи за III класом бонітету. Винятком є борові типи, ближчі за лісорослинним ефектом до суборів, або за близькою до оптимальної участю берези в складі, де сосна може рости за II класом бонітету.

Встановлено, що в умовах свіжого соснового бору вплив берези повислої на ріст сосни звичайної позитивний. Основну роль відіграють прийнята схема змішування, ширина міжрядь та кількість рядів сосни у кулісі, від чого залежить відстань поширення позитивного впливу берези на хвойну породу.

В умовах  $A_2$  за 2-метрової ширини міжрядь позитивний вплив берези поширюється на чотири ряди сосни, тобто при запровадженні схеми змішування 1р.Бп 4р.Сз. При цьому ширина куліси сягає 10 м. З урахуванням відстані, на яку поширюється позитивний вплив берези, за 1,5-метрової ширини міжрядь рекомендована схема змішування матиме наступний вигляд – 1р.Бп бр.Сз.

**Ключові слова:** бідні типи лісорослинних умов; схеми і способи змішування; густина; взаємовплив; висота; діаметр.

<sup>1</sup> 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](mailto:debryniuk_ju@ukr.net) ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0994-349X>

<sup>2</sup> 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.: 032-237-10-45, +38-067-750-38-26. E-mail: [y.myklush@nltu.edu.ua](mailto:y.myklush@nltu.edu.ua) ORCID: 0000-0002-1940-1045

**Вступ (Introduction).** З усієї системи заходів, спрямованих на підвищення продуктивності та стійкості лісів у конкретних умовах, особливого значення набувають заходи з поліпшення лісорослинних умов та ефективного використання потенційної родючості ґрунту. Підвищення ґрунтової родючості можна досягти через відповідний добір деревних порід у вирощуваних насадженнях і встановлення їхнього складу, близького до оптимального.

У цьому напрямі заслуговує на увагу питання підвищення продуктивності соснових насаджень у бідних типах лісорослинних умов шляхом введення до їх складу листяних видів, зокрема – берези повислої. Доцільність такого заходу є предметом тривалої дискусії у науковій літературі, однак висновки дослідників є неоднозначними. Вивчення впливу берези на сосну в бідних типах лісорослинних умов є біологічною основою розроблення лісогосподарських заходів щодо регулювання частки листяної породи в складі соснового насадження з метою покращення росту головної породи та забезпечення її переваги у складі деревостану.

Специфіка взаємовпливу між двома деревними видами полягає в тому, що вони є доволі подібними за світлолюбністю та вимогами до ґрунтової родючості. До того ж сосна і береза є породами-піонерами, взаємовідносини між якими значною мірою визначаються типом лісорослинних умов (Лавриненко, 1960, 1965; Гончар, 1977; Дебринюк, 1994; Гордієнко та ін., 1995, 2002).

Перевага сосни у її взаємодії з березою полягає у меншій вимогливості до ґрунтової вологи (Лавриненко, 1965). Тому в сухих типах лісорослинних умов сосна успішно конкурує з березою навіть і в молодняках, пригнічуючи листяну породу і витісняючи її зі складу насадження. За даними М. Т. Гончара (1977), у сухих гігروتюпах береза росте незадовільно, трапляючись переважно групами по мікропониженнях, не формуючи зі сосною стійких асоціацій.

В умовах вологого бору до 10-річного віку сосна відстає від берези за висотою, після чого висоти обох порід вирівнюються. У вологому суборі суттєву перевагу за висотою і діаметром берези над сосною зафіксовано з раннього віку. Якщо сосна в мішаних культурах із збільшенням показника трюфності дещо посилює інтенсивність росту, то береза – значно інтенсивніше, тобто листяна порода активніше реагує на покращення ґрунтової родючості (Гончар, 1977).

У молодих насадженнях вологих суборів взаємовідносини між сосною і березою складаються на користь останньої, яка за діаметром та висотою переважає сосну. У молодому віці береза виступає як антагоніст хвойної породи (Лавриненко, 1965). Із покращенням лісорослинних умов береза повисла, як вид з інтенсивною життєдіяльністю, також характеризується вищими показниками росту порівняно з сосною звичайною. В. М. Гончар та ін. (2012) чітко простежили зростання частки запасу берези у березово-соснових насадженнях зі збільшенням зволоження – від сухих до вологих суборів.

М. Baumgarten et al. (2019) встановили, що в оліготрофних умовах Північно-Західної Литви *Betula pendula* Roth. може активно конкурувати з *Pinus sylvestris* L. за споживання води на піщаних ґрунтах з низькою водоутримуючою здатністю та за сприйнятливостю до дефіциту вологи.

Значну перевагу берези за висотою та діаметром над сосною в умовах  $C_3$  відзначав М. Т. Гончар (1977). Висоти берези і сосни вирівнюються лише в 50-річному віці, коли інтенсивність росту листяної породи сповільнюється.

В умовах  $B_3$  і  $C_3$  як у природних, так і в штучних насадженнях має місце механічне пошкодження гілок сосни березою під впливом вітру (Гордієнко та ін., 2002). У цих типах лісорослинних умов кількість пошкоджених дерев сосни може досягати 20%, тоді як у борах пошкодження сосни березою мінімальне. Найбільшої шкоди береза завдає сосні за її участі у складі насаджень 40% і більше.

Вивчаючи корененаселеність ґрунту у природних мішаних насадженнях сосни і берези М. Т. Гончар (1977) встановив, що співвідношення у масі їхніх коренів залежить від едатопу: в умовах  $A_{3-4}$  воно складає 1:2, в  $B_3$  – 1:6, в  $C_3$  – 1:1,3 за переваги берези. Поряд з цим, за даними М. І. Гордієнка та ін. (1995) корені берези сприяють заглибленню коренів сосни.

У березово-соснових культурах, створених за кулісним способом змішування (4р.Сз 2р.Бп), у зоні кореневих систем М. Т. Гончар (1977) зафіксував значну перевагу берези за масою і протяжністю коренів. При цьому корені берези поширюються від дерева не менше, ніж на 5-6 м. Значна кількість її коренів досягають середини 4-рядної соснової куліси, тоді як корені сосни в міжряддя берези майже не проникають.

Для забезпечення природного відтворення корінних соснових деревостанів у суборових типах лісу О. О. Мелешук, Л. І. Копій (2012) рекомендують застосовувати систему лісогосподарських заходів з формування бажаного породного складу підросту (видалення берези та інших другорядних порід), а також здійснювати доповнення головної породи для забезпечення її домінування у складі деревостану. Д. Д. Лавриненко (1965) рекомендував здійснювати у березово-соснових молодняках 2-3 освітлення («посадка берези на пень»), що поліпшує ріст сосни і забезпечує її перевагу у складі насадження.

В умовах  $A_2$  та  $A_3$  береза в молодому віці за висотою росте інтенсивніше, ніж сосна звичайна, тому в культурах доцільно здійснювати рубки догляду з 5-7-річного віку з «посадкою берези на пень» в період зимового спокою, що стимулюватиме появу рясної порості (Гордієнко, Шаблій, Шлапак, 1995).

За даними Л. І. Копія та ін. (2009), з метою формування оптимальних умов для вирощування високопродуктивних соснових лісостанів в умовах  $A_2$ , найістотніше антропогенне втручання доцільно приурочити до віку освітлень та прочищень у період їхнього максимального приросту.



Поряд з цим, низкою дослідників зафіксовано позитивний вплив листяних порід, в т.ч. і берези, на ріст сосни звичайної у бідних типах лісорослинних умов. Д. Д. Лавриненко (1965) наводив дані щодо значно інтенсивнішого проходження процесів життєдіяльності мікрофауни, більшого нагромадження азоту і фосфору під березово-дубово-сосновим насадженням порівняно з чистим сосновим. За В. С. Шумаковим (1954), на бідних ґрунтах борів і суборів під час висаджування берези в соснові культури в кількості до 30% спостережено покращення росту сосни за висотою та діаметром порівняно з ростом у чистих культурах. Дослідник пов'язував покращення росту сосни із ґрунтополіпшуючим впливом берези.

На доцільність створення березово-соснових культур в умовах свіжих і вологих борів вказував Д. Д. Лавриненко (1960), відзначаючи позитивний вплив домішки берези в соснових насадженнях на родючість ґрунту, а також вищу біотичну стійкість березово-соснових культур, порівняно з чистими сосновими. У насадженнях Українського Полісся в березовому опаді азоту (1,5%) в 2,1, фосфору (0,4%) – в 1,8, калію (0,31%) – в 1,9 рази більше, ніж в опаді сосни звичайної (Гордиенко, Шаблій, Шлапак, 1995). Береза певною мірою поліпшує родючість ґрунту у соснових насадженнях, однак це поліпшення все ж має локальний характер і не є суттєвим (Mikola, Silfver, & Rousi, 2018).

На думку Д. Д. Лавриненка (1965), на бідних і сухих ґрунтах борів і суборів створення березово-соснових культур є раціональним і необхідним заходом навіть за деякого ускладнення технологічного процесу. Проблема полягає у пом'якшенні лісогосподарськими заходами негативного впливу берези на сосну у перші роки існування штучного насадження.

Сосна та береза ростуть швидше у мішаних, ніж у чистих насадженнях (Kaitaniemi, & Lintunen, 2010). При цьому у вологих борах і суборах береза виступає конкурентом сосни, тоді як у свіжих типах інтенсивність її росту знижується, особливо – у борових умовах (Лавриненко, 1960, 1965; Гордиенко та ін., 1995, 2002).

Наведені факти підтверджують *актуальність проблеми* щодо встановлення раціональних схем і способів змішування під час створення лісових культур за участю *Pinus sylvestris* та *Betula pendula* у бідних типах лісорослинних умов, за яких хвойний вид відзначався би високою продуктивністю і стійкістю, використовуючи ґрунтополіпшуючий вплив берези повислої.

*Мета роботи* полягає у встановленні впливу дерев рядів *Betula pendula* на середні висоту і діаметр дерев *Pinus sylvestris* у 6-рядній кулісі за окремими рядами, у визначенні оптимальної кількості рядів у кулісі сосни, на які поширювався би позитивний вплив берези.

*Об'єктом дослідження* були соснові насадження штучного походження за участю *Betula pendula* у бідних типах лісорослинних умов. *Предмет*

*дослідження* – вплив *Betula pendula* на таксаційні показники *Pinus sylvestris* в умовах свіжого соснового бору Західного Полісся.

**Об'єкти і методика досліджень (Objects and methods).** Об'єкти досліджень знаходились на території лісового фонду Жиричівського л-ва ДП «Ратнівське ЛМГ» Волинського ОУЛМГ. Соснові насадження тут превалюють і ростуть переважно в борових і суборових типах лісорослинних умов. При цьому, близько половини цих насаджень мають штучне походження.

Для встановлення впливу технологічних складових на таксаційні показники деревних видів використано загальноприйняті методики лісівничо-таксаційних досліджень із закладанням пробних ділянок (ПД) у найхарактернішому місці досліджуваного насадження (Гірс та ін., 2013).

Для визначення впливу *Betula pendula* на середні висоту і діаметр *Pinus sylvestris* було здійснено виміри 79-ти дерев берези та 203 дерев сосни у розрізі окремих рядів. У дерев вимірювали окружність стовбура на висоті 1,3 м з наступним встановленням діаметра з точністю до 0,1 см. Для вимірювання висот дерев використали висотомір Блюме-Лейса.

Тип і підтип лісорослинних умов, тип лісу для кожної пробної ділянки уточнювали за методиками типологічних досліджень (Остапенко, Ткач, 2002) з використанням напрацювань З. Ю. Герушинського (1996).

Під час статистичного опрацювання експериментальних матеріалів застосовували методи варіаційної статистики (Горошко, Миклуш, Хомюк, 2004) і пакети програми Microsoft Excel.

**Результати (Results).** Серед борових типів лісу об'єкта досліджень свіжі бори є найпоширенішими. У трьох насадженнях цих типів лісу закладено пробні ділянки. Лісівничо-таксаційну характеристику досліджуваних штучних насаджень з вказанням технологічних елементів їх створення представлено в табл. 1.

Так, сосна у середньовіковому насадженні, створеному за рядовим способом (ПД-6), росте за III класом бонітету. Сосну Банкса вводили в ряди головної породи окремими садивними місцями з метою створення сприятливого мікроклімату для росту сосни звичайної. Звертає увагу дуже висока початкова густота створення культур. Ймовірно, такий технологічний прийом запроваджено з метою досягнення швидкого змикання лісових культур в умовах свіжого бору.

Окремі дерева сосни Банкса, які залишилися в рядах сосни звичайної, відзначаються незадовільним формуванням стовбурів та помітним відставанням за середніми висотою та діаметром від сосни звичайної (див. табл. 1).

У насадженні за 20%-ої участі берези (ПД №7) початкова густота культур помітно менша, ніж на пробі №6 (на 22%). Культури створювали за доволі широкими, як для борових умов, 2-метровими міжряддями з використанням мінімального кроку садіння – 40 см.

Таблиця 1

## Лісівничо-таксаційна характеристика штучних лісових насаджень сосни звичайної в умовах борів і суборів

Table 1. Mensurational description of Scots pine forest plantations under conditions of infertile and fairly infertile site types

Деревний вид	Середні		Густота, шт./га	Абсолютна повнота, м <sup>2</sup> /га	Запас, м <sup>3</sup> /га	Клас бонітету	Початкова густота (шт./га); розміщення (м); схема змішування
	висота, м	діаметр, см					
1	2	3	4	5	6	7	8
Пробна ділянка № 6; кв. 48, в. 1; $A_2-C$ ; 48 р.; 10Сз + Сб							
Сосна звич.	12,7	15,2	1397	25,30	170	III	16000;
Сосна Банкса	11,4	12,4	44	0,53	3	IV	1,25 × 0,5;
<b>Р а з о м</b>			1441	25,83	173		рядові к-ри
Пробна ділянка № 7; кв. 49, в. 3; $A_2-C$ ; 38 р.; 8Сз2Бп							
Сосна звич.	12,2	12,8	1628	21,00	133	II	12500;
Береза пов.	13,9	14,5	274	4,52	34	II	2,0 × 0,4;
<b>Р а з о м</b>			1902	32,98	167		бр.Сз 1р.Бп
Пробна ділянка № 3; кв. 12, в. 36; $A_3-C$ ; 64 р.; 10Сз							
Сосна звич.	14,0	21,2	756	26,69	203	III	13300; 1,5 × 0,5;
<b>Р а з о м</b>			756	26,69	203		чисті ряди Сз
Пробна ділянка № 9; кв. 54, в. 24; $B_2-дC$ ; 28 р.; 10Сз							
Сосна звич.	12,6	11,8	2298	25,05	176	I	12500; 1,6 × 0,5;
<b>Р а з о м</b>			2298	25,05	176		чисті ряди Сз
Пробна ділянка № 5; кв. 67, в. 2; $B_2-дC$ ; 35 р.; 10Сз							
Сосна звич.	15,3	15,9	1450	28,91	226	I	8300; 2,4 × 0,5;
<b>Р а з о м</b>			1450	28,91	226		чисті ряди Сз
Пробна ділянка № 4; кв. 64, в. 31; $B_2-дC$ ; 40 р.; 8Сз2Бп							
Сосна звич.	17,4	18,8	1198	33,30	239	I <sup>a</sup>	11100;
Береза пов.	18,5	20,4	104	3,40	34	I <sup>a</sup>	1,5 × 0,6;
<b>Р а з о м</b>			1198	33,18	273		8р.Сз 2р.Бп

На час дослідження клас бонітету головної породи, як для умов  $A_2$ , порівняно високий. Незважаючи на помітно менший вік насадження, запас стовбурової деревини в ньому практично не поступається такому на ПД №6.

Звертає на себе увагу схема змішування, за якої ряд берези введено через кожних шість рядів сосни. За висотою та діаметром листяна порода дещо переважає сосну. Візуально спостережено деякий негативний вплив берези на ряди сосни, які безпосередньо контактують з рядами берези.

Візуально спостережено також різну товщину лісової підстилки у березово-сосновій кулісі: із збільшенням відстані від ряду берези товщина її збільшується.

Соснове насадження в умовах вологого соснового бору (ПД №3) було створено за рядовою схемою змішування. Вологі лісорослинні умови сприяли появі берези природного походження,

взаємовідносини між якою та головною породою складались не на користь останньої. У зв'язку з цим, березу періодично вибирали зі складу рубками догляду, внаслідок чого у 60-річному віці сформувались чисті соснові культури. Запас стовбурової деревини невисокий внаслідок низької повноти насадження.

В умовах свіжого субору сосна росте за I класом бонітету (ПД №9, №5). Культури створювали чистими за складом, оскільки ділянки представлені бороватим підтипом лісорослинних умов, в яких дуб звичайний рости не може. Березу повислу, яка в умовах  $B_2$  поновлювалась природним шляхом, періодично «саджали на пень». На час дослідження листяна порода у насадженнях представлена у вигляді підросту як насінного, так і вегетативного походження.

Початкова густота лісових культур близька до такої в борових умовах.

Березово-соснове насадження в умовах свіжого субору (ПД № 4) створено за кулісним способом змішування. Оскільки ця ділянка, як і дві попередні, представлена бороватим підтипом, дуб звичайний замінили березою повислою. Такий лісокультурний прийом виявився цілком виправданим, скільки сосна росте за високим I<sup>a</sup> класом бонітету, а запас стовбурової деревини у насадженні перевищує 270 м<sup>3</sup> на 1 га.

Визначення впливу берези на ріст сосни в умовах свіжого соснового бору здійснювали на прикла-

ді насадження штучного походження, де закладено пробну ділянку №7 (див. табл. 1). Загальний вигляд та відповідні характеристики досліджуваної куліси представлені на рис. 1.

Аналіз особливостей формування діаметрів та висот здійснювали за переліком дерев окремо у кожному ряді 6-рядної куліси сосни звичайної. Протяжність рядів становила 70 м, де було збережено 32-35 дерев хвойного виду в кожному ряду. Ці ж самі показники визначали і для двох рядів берези, які безпосередньо примикали до соснової куліси з обох боків.



Рис. 1. Схема досліджуваної куліси у березово-соснових культурах (A<sub>2</sub>-С; 38 років; розташування садивних місць – 2,0 × 0,4 м; початкова густина – 12500 шт. на 1 га, в т.ч. берези – 1750 шт. на 1 га; початковий склад – 9Сз1Бп)  
Примітка. Восьмий ряд *Betula pendula* відноситься до наступної 6-рядної куліси

Fig. 1. Scheme of the studied multi-row strip of trees in birch-pine plantations (forest type code – A<sub>2</sub>-P; 38 years; arrangement of planting spots – 2.0 × 0.4 m; initial density – 12,500 pcs. per ha, incl. birch – 1,750 pcs. per ha; initial stand composition – 9Pine1Birch) Note. The eighth row of *Betula pendula* belongs to the next 6-row strip of trees

Варто зазначити, що на час дослідження кількість дерев, порівняно з початковою, зменшилась для сосни і берези у 6,2 та 6,4 рази відповідно. Середня відстань між деревами у ряду знаходиться в межах 1,6-2,4 м.

На рис. 2 і 3 представлено візуалізацію фактичних значень висот і діаметрів дерев сосни та берези за окремими рядами. За діаметром і висотою береза загалом переважає сосну.

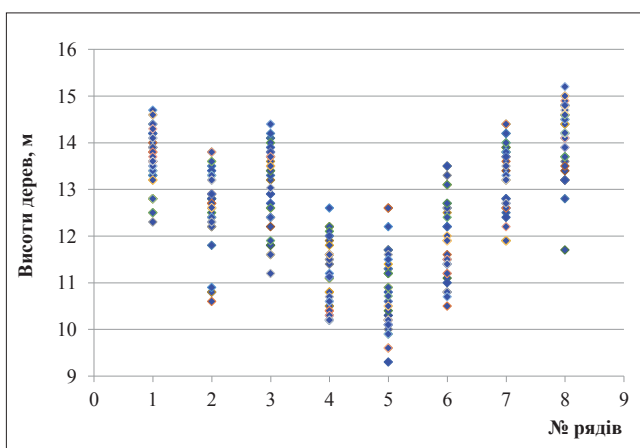


Рис. 2. Висоти дерев *Betula pendula* і *Pinus sylvestris* за окремими рядами у лісових культурах свіжого бору (1, 8 – ряди берези, 2-7 – ряди сосни)

Fig. 2. Tree heights of *Betula pendula* and *Pinus sylvestris* by separate rows in forest plantations under conditions of fresh infertile site type (1, 8 – rows of birch, 2-7 – rows of pine)

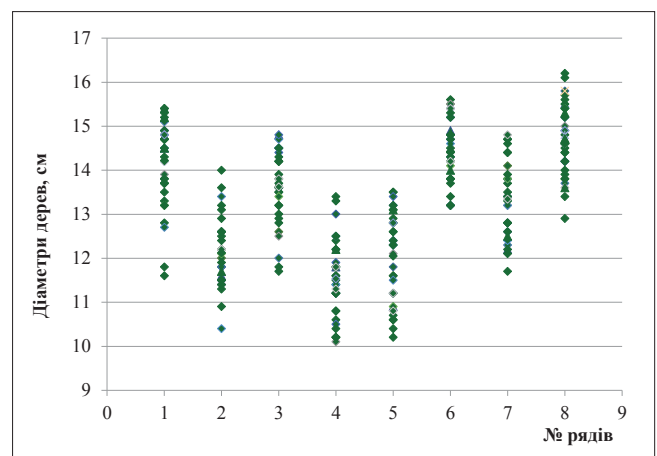


Рис. 3. Діаметри дерев *Betula pendula* і *Pinus sylvestris* за окремими рядами у лісових культурах свіжого бору (1, 8 – ряди берези, 2-7 – ряди сосни)

Fig. 3. Tree diameters of *Betula pendula* and *Pinus sylvestris* by separate rows in forest plantations under conditions of fresh infertile site type (1, 8 – rows of birch, 2-7 – rows of pine)

За результатами досліджень, у сосни, ряди якої безпосередньо примикають до рядів берези, ці показники є помітно нижчими, тобто вплив берези на сосну у цих сусідніх рядах негативний, незважаючи на потенційно найбільший ґрунтополіпшуючий ефект берези (найменша товщина підстилки).

Ґрунтополіпшуючий вплив берези найкраще використовує хвойна порода, яка росте у третьому та шостому рядах куліси – середні висоти та діаметри

сосни тут, загалом, найвищі. Сосна в 4-му і 5-му рядах характеризується найнижчими таксаційними показниками, оскільки ґрунтополіпшуючий вплив берези на ці ряди вже не поширюється.

Опрацьовані статистичні показники дерев у рядах берези і сосни за висотою (табл. 2) та діаметром (табл. 3) вказують на достовірність отриманих значень та дають змогу зробити певні узагальнення. За висотою перевагу берези над сосною спостережено не лише за середнім, але й за максимальним показ-

ником. За мінімальним показником висоти сосна в 7-му ряду навіть має несуттєву перевагу над березою у сусідньому ряду.

Стандартне відхилення рядів за висотою та коефіцієнт варіації, який змінюється в межах 4,5-7,7% вказують на незначне розсіювання варіант навколо середнього показника. Незважаючи на порівняно невелику кількість заміряних дерев, точність обчислення діаметрів та висот дуже висока, похибка не перевищує 1,4%.

Таблиця 2

**Статистичні показники середньої висоти берези та сосни за окремими рядами у лісових культурах свіжого бору, м**

**Table 2. Statistical indicators of average height of birch and pine by separate rows in forest plantations under conditions of fresh infertile site type, m**

№ рядів та індекс деревного виду	К-сть спостережень, шт.	$X_{\min}$	$X_{\max}$	$X_{av}$	$\delta$	V, %	$t_f$	P, %
1-ий ряд Бп	38	12,3	14,7	13,6±0,10	0,63	4,59	134,2	0,8
2-ий ряд Сз	33	10,6	13,8	12,6±0,15	0,84	6,64	86,5	1,2
3-ий ряд Сз	32	11,2	14,4	13,0±0,16	0,88	6,71	84,3	1,2
4-ий ряд Сз	34	10,2	12,6	11,1±0,12	0,70	6,28	92,8	1,1
5-ий ряд Сз	35	9,3	12,6	10,7±0,14	0,83	7,71	76,7	1,3
6-ий ряд Сз	33	10,5	13,5	11,9±0,15	0,85	7,15	80,4	1,2
7-ий ряд Сз	32	11,9	14,4	13,2±0,14	0,78	5,93	95,4	1,1
8-ий ряд Бп	41	11,7	15,2	14,2±0,11	0,71	4,99	128,2	0,8
Середні значення по рядах Сз		10,6	13,6	12,2±0,11	0,66	6,37		
Середні значення по рядах Бп		12,0	15,0	13,9±0,10	0,75	4,65		

Таблиця 3

**Статистичні показники середнього діаметра берези та сосни за окремими рядами у лісових культурах свіжого бору, см**

**Table 3. Statistical indicators of average diameter of birch and pine by separate rows in forest plantations under conditions of fresh infertile site type, cm**

№ рядів та індекс деревного виду	К-сть спостережень, шт.	$X_{\min}$	$X_{\max}$	$X_{av}$	$\delta$	V, %	$t_f$	P, %
1-ий ряд Бп	38	11,6	15,4	14,2±0,15	0,94	6,59	93,6	1,1
2-ий ряд Сз	33	10,4	14,0	12,1±0,14	0,78	6,45	89,0	1,1
3-ий ряд Сз	32	11,7	14,8	13,6±0,15	0,85	6,25	90,5	1,1
4-ий ряд Сз	34	10,1	13,4	11,5±0,15	0,87	7,50	77,7	1,3
5-ий ряд Сз	35	10,2	13,5	12,0±0,17	1,00	8,27	71,5	1,4
6-ий ряд Сз	33	13,2	15,6	14,4±0,13	0,73	5,07	113,4	0,9
7-ий ряд Сз	32	11,7	14,8	13,3±0,15	0,85	6,37	88,9	1,1
8-ий ряд Бп	41	12,9	16,2	14,7±0,12	0,77	5,24	122,3	0,8
Середні значення по рядах Сз		11,2	14,3	12,8±0,14	0,88	6,65	88,7	1,2
Середні значення по рядах Бп		12,3	15,8	14,5±0,12	0,86	5,92	109,24	1,0

Подібну тенденцію розподілу середніх, мінімальних і максимальних показників дерев сосни і берези у розрізі окремих рядів спостережено і за діаметром, де загалом зафіксовано перевагу берези за цими показниками. Поряд з цим необхідно відзначити, що у досліджуваних лісорослинних умовах береза не завжди характеризується інтенсивним ростом, на що вказує її менше мінімальне значення порівняно з мінімальним значенням сосни у 7-му ряді за висотою та порівняно з мінімальним значенням сосни у 6-му ряді за діаметром.

Візуалізацію впливу ряду берези на ріст сосни за висотою та діаметром представлено на рис. 4, 5. Загалом у формі кривих прослідковується подібна тенденція послідовностей їх змін. Так, 2-ий і 7-ий ряди сосни звичайної зазнають найсильнішого негативного впливу з боку берези, що проявляється як у надземній – механічне пошкодження гілок, так, ймовірно, і в підземній частині фітоценозу, про що

зазначено в інших роботах (Гончар, 1977). З віддаленням від рядів берези, її негативний вплив на сосну нівелюється. Отже, 3-ій і 6-ий ряди сосни повною мірою використовують ґрунтополіпшуючий вплив берези. Особливо чітко цю тенденцію прослідковано для діаметра, показники якого тут найвищі порівняно з такими в інших соснових рядах (див. рис. 5).

Проте за висотою такої чіткої тенденції встановити не вдалося (див. рис. 4). Так, у 7-му ряді сосни, який безпосередньо примикає до ряду берези, показник  $X_{av}$  висоти хвойної породи навіть дещо вищий, ніж у 3-му ряді, незважаючи на те, що 7-ий ряд сосни перебуває під найсильнішим негативним впливом берези. Ймовірно, гірший ріст сосни зумовлений нерівномірним розташуванням дерев берези у 8-му ряді: трапляються прогалини в 3-5 м, де особини берези відсутні, і сосна використала «вільний простір» для інтенсифікації процесів росту за висотою.

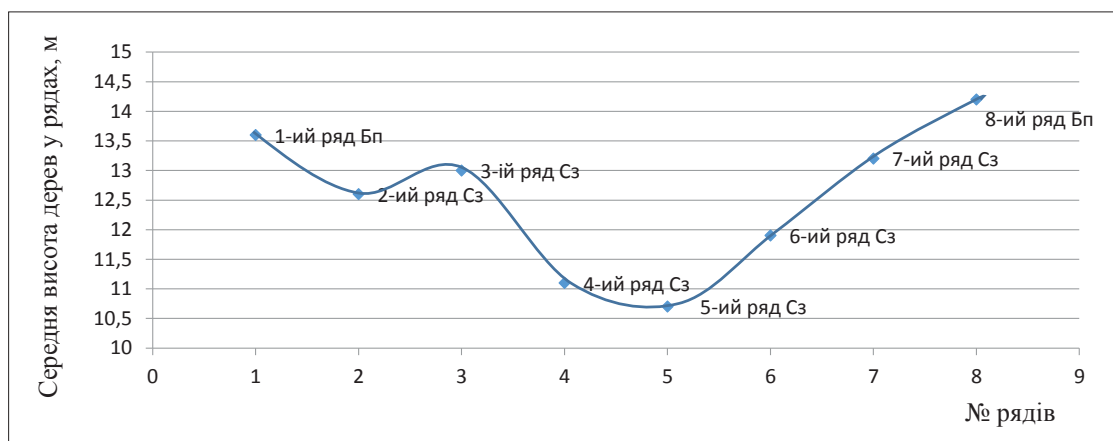


Рис. 4. Візуалізація впливу окремого ряду берези на ріст сосни за висотою на ПД №7 у 6-рядній кулісі за окремими рядами при ширині міжрядь 2,0 м

Fig. 4. Visualizing influence of a single row of birch on the growth of pine in height in the sample plot No.7 in a 6-row strip of trees by separate rows with a row spacing of 2.0 m

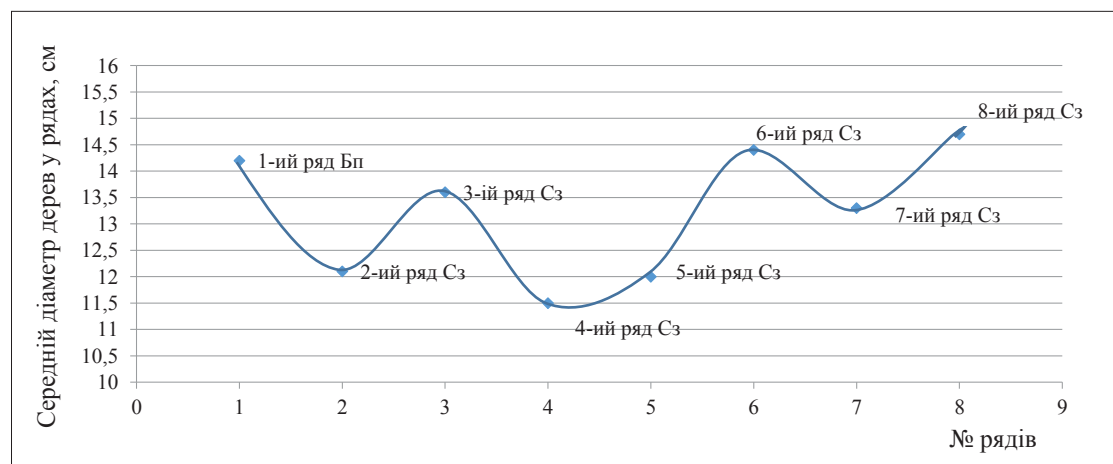


Рис. 5. Візуалізація впливу окремого ряду берези на ріст сосни за діаметром на ПД №7 у 6-рядній кулісі за окремими рядами при ширині міжрядь 2,0 м

Fig. 5. Visualizing influence of a single row of birch on the growth of pine in diameter on the sample plot No.7 in a 6-row strip of trees by separate rows with a row spacing of 2.0 m

На відміну від 3-го ряду, сосна у 6-му ряду не відзначається найвищими показниками за висотою, хоча характеризується перевагою за діаметром. Вірогідно, такі відхилення зумовлені внутрішніми особливостями росту окремих особин сосни звичайної.

Як за висотою, так і за діаметром 4-ий і 5-ий ряди сосни, які є найвіддаленішими від рядів берези, характеризуються найнижчими показниками.

Отже, сосна в умовах свіжих борів внаслідок бідності лісорослинних умов не може нагромаджувати високих запасів стовбурової деревини, зростаючи за III класом бонітету. Основним завданням є збереження насадження у зімкнутому стані, щоб воно могло задовільно виконувати середовищно-захисні функції. Винятком є борові типи, ближчі за лісорослинним ефектом до суборів, або за близь-

кою до оптимальної участю берези в складі, де сосна може досягати II класу бонітету.

Для підтвердження різної інтенсивності росту дерев сосни за окремими рядами виконали статистичне порівняння середніх значень у рядах та оцінку відмінності між ними за t-критерієм Стьюдента (табл. 4). За рівня значимості 5% відмінності між середніми висотами виявились суттєвими та не зумовленими випадковими величинами для усіх середніх значень порівняно зі значеннями рядів сосни, що безпосередньо примикають до рядів берези. Необхідно зауважити, що вища середня висота дерев сосни у третьому ряду також достовірно перевищує середню висоту дерев сосни у другому ряду, але різниця між середніми висотами дерев сосни у сьомому та шостому рядах, яка зменшується, також є статистично достовірною.

Таблиця 4

**Відмінності між середніми значеннями висот і діаметрів сосни звичайної у рядах за критерієм Стьюдента**

*Table 4. Differences between average values of heights and diameters of Scots pine in rows according to Student's criterion*

Порівняння між рядами	Число ступенів свободи	Значення критерія Стьюдента		Критичне значення
		за висотою	за діаметром	
2-ий і 3-ий	63	6,61	7,33	1,998
2-ий і 4-ий	65	7,76	2,89	1,997
2-ий і 5-ий	66	11,34	0,70	1,997
5-ий і 7-ий	65	12,45	5,61	1,997
6-ий і 7-ий	66	6,30	4,99	1,997

За діаметром середні значення дерев сосни у 2-му та 5-му рядах виявились подібними, що вказує на відсутність достовірної різниці між цими значеннями. Характерно, що за діаметром встановлена статистично достовірна різниця між середніми значеннями дерев у рядах 2-му і 3-му та 6-му і 7-му, де проявляється позитивний вплив берези на інтенсивність росту дерев сосни, яка має вищі середні значення у рядах 3-му і 6-му, ніж у 2-му та 7-му, які безпосередньо примикають до рядів берези.

За результатами досліджень, вплив листяної породи на ріст сосни безумовно позитивний. Вирішальну роль відіграє частка участі берези в складі соснового насадження, підтримання її на рівні, близькому до оптимального, впродовж періоду вирощування березово-соснового насадження.

**Дискусія (Discussion).** Порівняно із сосною, береза відзначається інтенсивнішою життєдіяльністю, що відображається на значно вищих показниках висоти та діаметра листяної породи у молодому віці, високій конкуренції за вологу і поживні речовини, негативною механічною дією на дерева сосни. У березово-соснових молодняках основні лісівничо-таксаційні показники берези вищі, ніж у сосни, де береза виступає як антагоніст хвойної породи

(Лавриненко, 1965; Lintunen, Sievänen, Kaitaniemi, & Perttunen, 2011; Deptuła, Nienartowicz, Iwicka, & Filbrandt-Czaja, 2017). Поряд з цим, Д. Д. Лавриненко (1965) в умовах свіжих борів відносив сосну і березу до порід зі середнім ступенем потенційної конкурентоздатності, які не стільки витісняють одна одну зі складу насаджень, скільки виявляють напружену конкуренцію під час сумісного зростання. З твердженням дослідника можна погодитися, але з обов'язковою прив'язкою до підтипу лісорослинних умов. Для прикладу, у субороватих вологуватих підтипах свіжих борів *Betula pendula* є активним конкурентом *Pinus sylvestris*, тоді як у центральному підтипі свіжих борів конкурентоздатність берези сильно знижена, і вона не може стати причиною витіснення сосни зі складу насадження навіть у тих рядах, до яких листяна порода безпосередньо примикає. Основним лімітуючим чинником росту берези та зниження її конкурентних можливостей у цьому випадку виступає зволоженість ґрунту.

За нашими дослідженнями (Дебринюк, 1994), в умовах А, береза повисла є нестійким компонентом соснових культур, поступається за інтенсивністю росту сосні, однак введення листяної породи (4р.Сз 1р.Бп з Рр) відіграє важливу меліоратив-

ну роль. В умовах  $A_1$  введення берези в культури сосни в кількості 20-30% виявляє позитивний вплив на ріст сосни через поліпшення ґрунтових умов (4-5р.Сз 1р.Бп або 7р.Сз 2р.Бп), однак у молодому віці через переважання берези за висотою над сосною, листяну породу потрібно «садити на пень». В умовах  $A_3$  береза є сильним конкурентом сосни, значно переважаючи її за середніми таксаційними показниками. За даними П. Г. Вакулюка (1980), вже за 25-35%-ої участі берези в соснових культурах загальна їхня продуктивність знижується і навіть рубками догляду не завжди вдається поліпшити життєвий стан сосни у таких насадженнях.

Лавриненко та ін. (1956) в умовах  $A_1$  взагалі не рекомендували вводити березу повислу в соснові культури через значну сухість ґрунту; в умовах  $A_2$  автори вважали за доцільне вводити в культури сосни близько 20% берези (8р.Сз 2р.Бп на не розкорчованих невідновлених зрубках); в умовах  $A_3$ , у зв'язку із погіршенням росту сосни, домішка берези в культурах є важливою і бажаною (6р.Сз 3р.Бп).

Л. Н. Frivold, & J. Frank (2002) в умовах північно-східної Норвегії для соснових ділянок не встановили істотної різниці в індексі росту між мішаними березово-сосновими та чистими сосновими насадженнями. Вплив домішки берези на збільшення обсягу стовбурової деревини ялини чи сосни підтвердити не вдалося. Окрім цього, результати досліджень В. Mason, & Т. Connolly (2016) свідчать про те, що у випадку створення лісових культур за участю двох видів, вимогливих до світла, основним механізмом, що забезпечує продуктивність, виступатиме конкуренція за світло.

У лісових культурах дуже сухих і сухих суборів М. І. Гордієнко та ін. (1995) рекомендували вводити березу повислу одним чистим рядом через кожні 3-5 рядів сосни звичайної з систематичними рубками догляду, починаючи з 3-5-річного віку. Проте в умовах  $B_0$  та  $B_1$  береза відчуває гостру нестачу вологи, і є менш конкурентоздатною, ніж сосна (Лавриненко, 1960). На нашу думку, в цих типах кількість рядів сосни в кулісі повинно бути 4-5, а «садіння берези на пень» потрібно здійснювати не раніше 5-7-річного віку.

Домішка берези понад 30% знижує інтенсивність росту сосни, уповільнює змикання хвойної породи, погіршує її життєвий стан (Гордієнко та ін., 2002). Проте, враховуючи сприятливий вплив берези на ґрунт, автори рекомендують вводити березу одним рядом в соснові культури свіжих і вологих борів (4-5р.Сз 1р.Бп). Така рекомендація є слушною, хоча й досить узагальненою, оскільки в умовах  $A_2$  та  $A_3$  взаємовідносини між сосною та березою суттєво різняться, тому не можна рекомендувати однакові підходи до створення березово-соснових культур у цих типах лісорослинних умов.

Під час створення березово-соснових культур Д. Д. Лавриненко (1965) пропонував використовувати кулісний або шаховий способи змішування. Для умов  $A_2$  доцільно використати схему змішування – 8р.Сз 2р.Бп, для умов  $A_3$  – 6р.Сз 3р.Бп. Під час за-

провадження шахового змішування довжина сторін «шахівок» сосни повинна бути в два рази більшою, ніж берези. Варто зауважити, що у вологих борах береза, маючи достатню кількість вологи, виступає конкурентом сосни за поживні речовини, значно переважаючи її за висотою та діаметром (Дебринюк, 1994). З цього приводу М. І. Гордієнко та ін. (1995) зазначали, що 20-30%-на домішка берези в культурах знижує інтенсивність росту сосни, сповільнює змикання крон, пришвидшує диференціацію дерев у насадженні з утворенням значної частки ослаблених особин. Тому введення берези в цих умовах повинно бути обмеженим (до 20% від початкової густоти). Невелика домішка берези інтенсифікує процес фотосинтезу хвої сосни (Мякушко, 1978). За результатами наших досліджень, в умовах  $A_2$  за використання схеми змішування 1р.Бп 4р.Сз, розміщення рослин  $2,0 \times 0,5$  м і початкової густоти 10,0 тис. шт./га початкова участь берези становить 20%; за схеми змішування 1р.Бп 6р.Сз, розміщення рослин  $1,5 \times 0,5$  м і початкової густоти 13,4 тис. шт./га участь берези в початковому складі становить 15%. Вказана частка берези за використання зазначених технологічних елементів створення лісових культур, є близькою до оптимальної.

М. Т. Гончар (1977) зазначав, що в умовах  $B_3$  таксаційні показники сосни у чистих насадженнях, такі ж, як і в мішаних з березою. У зв'язку з цим зазначено, що вплив берези на сосну подібний до такого впливу між особинами сосни у чистих насадженнях, тобто дослідник не виявив негативного впливу берези на сосну в умовах вологого субору. Поряд з цим, за даними інших досліджень (Лавриненко, 1960, 1965; Гордієнко та ін., 1995) саме у вологих суборах і сугрудах вплив берези на сосну максимально негативний. Такі розбіжності у результатах досліджень полягають у тому, що М. Т. Гончар (1977) не акцентував уваги на характері розташування берези у сосновому насадженні (групове, рівномірне, смугове), що суттєво впливає на ріст сосни. Іншою причиною може бути неврахування регулювання рубками догляду участі берези у сосновому насадженні, у зв'язку з чим її негативний вплив на сосну був мінімізований.

За даними М. Т. Гончара (1977), у березово-соснових культурах на стиках рядів порід перевагу за висотою та діаметром має береза, що потрібно враховувати під час створення лісових культур. Виходячи із цих даних, дослідник рекомендував у бідних типах лісорослинних умов використовувати схему змішування: 4-5р.Сз 1-2р.Бп, а також вводити між кулісами порід буферний ряд чагарника. На наш погляд, рекомендація є цілком слушною, однак вводити два ряди берези за 4-5-рядної куліси сосни немає потреби.

Сильне пригнічення сосни березою у лісових культурах вологих суборів і сугрудів відзначав Д. Д. Лавриненко (1960). На думку вченого, найефективнішим способом створення стійких березово-соснових насаджень є введення в культури берези на два-три роки пізніше від сосни. Поряд з цим, в

умовах  $A_{2,1}$  березу потрібно вводити в культури разом із сосною, оскільки її позиції тут дуже слабкі у зв'язку із бідними ґрунтами та дефіцитом вологи.

Будучи введеною в культури на декілька років пізніше, ніж сосна, береза за такого варіанту не виявляє негативного впливу на сосну, а, навпаки, створює їй бокове затінення і забезпечує інтенсивний ріст у висоту. У такому випадку взаємовідносини між цими породами є сприятливими (Гончар, 1977).

У суборах Полісся України за чергування одного ряду берези з трьома-шістьма рядами сосни запас її стовбурової деревини на 10-13% більший, ніж у чистих культурах (Корецький, 1967). Цей висновок підтверджено результатами наших досліджень, але за умови, якщо куліса сосни є 4- або 6-рядною (за ширини міжрядь 2,0 та 1,5 м відповідно). За рекомендаціями М.І. Гордієнка та ін. (1995), враховуючи ґрунтополіпшуючу роль берези, в культури свіжих і вологих борів її необхідно вводити одним рядом через 3-5 рядів сосни звичайної, з чим загалом можна погодитись.

Варто зауважити, що вплив берези на сосну значною мірою залежить від ширини міжрядь. Чим вужчі міжряддя, тим на більшу кількість рядів сосни поширюється позитивний вплив берези через пришвидшення розкладання опаду, проте зростає негативний вплив листяної породи на суміжний ряд сосни.

Негативний вплив берези на сосну у лісових культурах вологих типів лісорослинних умов, особливо у випадку запровадження змішування рядами, не може бути однозначним твердження недоцільності введення берези, як супутньої породи, в соснові культури (Гончар, 1977). Дійсно, у відносно багатих типах лісорослинних умов ( $T_{LU} - C_2, C_3$ ) введення берези у соснові культури недоцільне, оскільки тут можна вводити цінніші листяні породи – дуб, липу, клен, граб тощо. Д.Д. Лавриненко (1965) зазначав, що саме в цих типах лісорослинних умов і було зафіксовано найбільшу кількість невдалих березово-соснових культур, де береза виступала антагоністом щодо хвойної породи.

**Висновки (Conclusions).** В умовах свіжого соснового бору вплив *Betula pendula* на ріст *Pinus sylvestris* є позитивним за умови запровадження раціональних схеми змішування, ширини міжрядь та кількості рядів сосни у кулісі, від чого залежить відстань поширення позитивного впливу берези на хвойну породу.

В умовах  $A_2$  за 2-метрової ширини міжрядь позитивний вплив берези поширюється на чотири ряди сосни, тобто у випадку запровадження схеми змішування 1р.Бп 4р.Сз. При цьому ширина куліси сягає 10 м.

З урахуванням відстані, на яку поширюється позитивний вплив берези, за 1,5-метрової ширини міжрядь рекомендована схема змішування матиме наступний вигляд – 1р.Бп 6р.Сз.

В умовах  $A_2$  за використання схеми змішування 1р.Бп 4р.Сз, розміщення рослин  $2,0 \times 0,5$  м і по-

чаткової густоти 10,0 тис. шт./га початкова участь берези становить 20%; за схеми змішування 1р.Бп 6р.Сз, розміщення рослин  $1,5 \times 0,5$  м і початкової густоти 13,4 тис. шт./га участь берези в початковому складі становить 15%. Вказана частка листяної породи за використання зазначених технологічних елементів створення лісових культур, є близькою до оптимальної.

## Список літератури (References)

- Герушинський, З.Ю. (1996). *Лісова типологія Українських Карпат*. Львів: Піраміда [Gerushynsky, Z. Yu. (1996). *Forest typology of the Ukrainian Carpathians*. Lviv: Piramida] (in Ukrainian)
- Гірс, О.А., Маніта, О.Х., Миронюк, В.В., Свинчук, В.А., Березівський, Л.М. (2013). *Лісотаксаційний довідник*. Київ: Видавничий дім «Вініченко» [Girs, O. A., Manita, O. H., Myronjuk, V. V., Swingchuk, V. A., & Berezivskyy, L. M. (2013). *Forest Inventory Directory*. Kyiv: Vinichenko Publishing House] (in Ukrainian)
- Гончар, В.М., Копій, С.Л., Каганяк, Ю.Й., Копій, Л.І. (2012). Особливості структури запасу березово-соснових деревостанів Західного Полісся. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України: Лісівництво та декоративне садівництво*, 171 (3), 23-29. [Gonchar, V.M., Kopyi, S.L., Kaganyak, Y.Y., & Kopyi, L.I. (2012). Features of the growing stock structure of birch-pine stands in Western Polissya. *Scientific Bulletin of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine: Forestry and Ornamental Horticulture*, 171 (3), 23-29. Retrieved from [http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau\\_lis\\_2012\\_171%283%29\\_5](http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau_lis_2012_171%283%29_5)] (in Ukrainian)
- Гончар, М.Т. (1977). *Биоэкологические взаимосвязи древесных пород в лесу*. Львов: Издательство при Львовском государственном университете «Вища школа» [Honchar, M. T. (1977). *Bioecological relationships of tree species in the forest*. Lviv: Publishing House at the Lviv State University "High school"] (in Russian)
- Гордиенко, М.И., Шаблей, И.В., Шлапак, В.П. (1995). *Сосна обыкновенная: ее особенности, создание культур, производительность*. Киев: Лыбидь [Gordienko, M. I., Shablii, I. V., & Shlapak, V. P. (1995). *Scots pine: its features, crop cultivatin, productivity*. Kiev: Lybid] (in Russian)
- Гордиенко, М.И., Шлапак, В.П., Гойчук, А.Ф., Рибак, В.О., Маурер, В.М., Гордієнко, Н.М., Ковалевський, С.Б. (2002). *Культури сосни звичайної в Україні*. Київ: Інститут аграрної економіки УААН [Gordienko, M. I., Shlapak, V. P., Goichuk, A. F., Rybak, V. O., Maurer, V. M., Gordienko, N. M., & Kovalevsky, S. B. (2002). *Pine crops in Ukraine*. Kyiv: Institute of Agrarian Economics UAAS] (in Ukrainian)
- Горошко, М.П., Миклуш, С.І., Хомюк, П.Г. (2004). *Біометрія*. Львів: Камула [Goroshko, M. P.,



- Myklush, S.I., & Khomyuk, P.G. (2004). *Biometrics*. Lviv: Kamula] (in Ukrainian)
- Дебрюнюк, Ю. М. (1994). *Лісові культури. Методи і способи їх створення у типах лісу західного регіону України*. Київ: Інститут системних досліджень [Debryniuk, Yu. (1994). *Forest crops. Methods and ways of their cultivation in the forest types of the western region of Ukraine*. Kyiv: Institute for Systems Research] (in Ukrainian)
- Копій, Л. І., Каганяк, Ю. Й., Михайленко, М. М. (2009). Структура деревостанів свіжого соснового бору Західного Полісся. *Науковий вісник НЛТУ України*, 19.7, 7-14. [Kopiy, L. I., Kaganyak, Y. Y., & Mikhailenko, M. M. (2009). A plantation structure of fresh pine forest under conditions of Western Polissia. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 19.7, 7-14. Retrieved from [https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2009/19\\_7/index.htm](https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2009/19_7/index.htm)] (in Ukrainian)
- Корецкий, Г. С. (1967). Использование бородавчатой березы в лесных культурах УССР: автореф. ... канд. с.-х. наук / УСХА. Киев, 24 с. [Koretsky, G. S. (1967). *Use of warty birch in forest crops of the Ukrainian SSR* (Doctoral dissertation, Ukrainian Agricultural Academy, Kiev, Ukraine)] (in Russian)
- Лавриненко, Д. Д. (1965). *Взаимодействие древесных пород в различных типах леса*. Москва: Лесная промышленность [Lavrynenko, D. D. (1965). *The interaction of tree species in different types of Forest*. Moscow: Timber industry] (in Russian)
- Лавриненко, Д. Д. (1960). *Наукові основи підвищення продуктивності лісів Полісся Української РСР*. Київ: Видавництво УАСГН [Lavrynenko, D. D. (1960). *Scientific basis of increasing productivity of Polissia forests of the Ukrainian SSR*. Kyiv: Publishing House of the Ukrainian Academy of Agricultural Sciences] (in Ukrainian)
- Лавриненко, Д. Д., Флоровский, А. М., Ковалевский, А. К. (1956). Типы лесных культур для Украины. Киев: Издательство АН УССР [Lavrynenko, D. D., Florovsky, A. M. & Kovalevsky, A. K. (1956). *Types of forest crops for Ukraine*. Kiev: Publishing House of the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR] (in Russian)
- Мелешук, О. О., Копій, Л. І. (2012). *Забезпечення природного насінного поновлення сосни звичайної в умовах Західного Полісся: практичні рекомендації*. Львів: НЛТУ України [Meleshchuk, O. O., & Kopiy, L. I. (2012). *Ensuring natural seed regeneration of Scots pine in Western Polissia: practical recommendations*. Lviv: Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University] (in Ukrainian)
- Мякушко, В. К. (1978). *Сосновые леса равнинной части УССР*. Киев: Наукова думка [Myakushko, V. K. (1978). *Pine forests of the plain areas of the Ukrainian SSR*. Kiev: Scientific thought] (in Russian)
- Остапенко, Б. Ф., Ткач, В. П. (2002). Типология лісу. Харків: Харківський державний аграрний університет [Ostapenko, B. F., & Tkach, V. P. (2002). *Forest typology*. Kharkiv: Kharkiv State Agrarian University] (in Ukrainian)
- Шумаков, В. С. (1954). Динамика некоторых свойств темно-серых лесных почв под различными типами лесных культур. *Труды Института леса АН СССР*, 23, 63-94. [Shumakov, V. S. (1954). Dynamics of some properties of dark gray forest soils under various types of forest crops. *Proceedings of the Institute of Forest of the Academy of Sciences of the USSR*, 23, 63-94] (in Russian)
- Baumgarten, M., Hesse D. B., Augustaitienė, I., Marozas, V., Mozgeris, G., Byčėnkiėnė, S., ... Matyssek, R. (2019). Responses of species-specific sap flux, transpiration and water use efficiency of pine, spruce and birch trees to temporarily moderate dry periods in mixed forests at a dry and wet forest site in the hemi-boreal zone. *Journal of Agricultural Meteorology*, 75 (1), 13-29. <https://doi.org/10.2480/agrmet.D-18-00008>
- Deptuła, M., Nienartowicz, A., Iwicka, M., & Filbrandt-Czaja, A. (2017). Biomass of Scots pine-silver birch tree stand 25 years after afforestation of former agricultural land. *Ecological Questions*. 25. 51. <https://doi.org/10.12775/EQ.2017.005>
- Frivold, L. H., & Frank, J. (2002). Growth of Mixed Birch-Coniferous Stands in Relation to Pure Coniferous Stands at Similar Sites in South-eastern Norway. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 17 (2), 139-149. <https://doi.org/10.1080/028275802753626782>
- Kaitaniemi, P., & Lintunen, A. (2010). Neighbor identity and competition influence tree growth in Scots pine, Siberian larch, and silver birch. *Annals of Forest Science*, 67, 604. <https://doi.org/10.1051/forest/2010017>
- Lintunen, A., Sievänen, R., Kaitaniemi, P., & Perttunen, J. (2011). Models of 3D crown structure for Scots pine (*Pinus sylvestris*) and Silver birch (*Betula pendula*) grown in mixed forest. *Canadian Journal of Forest Research*, 41, 1779-1794. <https://doi.org/10.1139/x11-092>
- Mason, B., & Connolly, T. (2016). Long-term development of experimental mixtures of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and silver birch (*Betula pendula* Roth.) in northern Britain. *Annals of Silvicultural Research*, 40 (1), 11-18. <https://doi.org/10.12899/asr-1119>
- Mikola, J., Silfver, T., & Rousi, M. (2018). Mountain birch facilitates Scots pine in the northern tree line – does improved soil fertility have a role? *Plant Soil*, 423, 205-213. <https://doi.org/10.1007/s11104-017-3517-1>

## Influence of *Betula pendula* Roth. on mensurational indices of *Pinus sylvestris* L. in forest plantations of fresh soil conditions of Western Polissia

Iu. Debryniuk<sup>1</sup>, Yu. Myklush<sup>2</sup>

In order to increase the productivity and sustainability of forests in specific conditions, measures to improve soil conditions of forests and effective use of potential soil fertility are becoming of particular importance. Increasing soil fertility can be achieved through appropriate selection of tree species in cultivated plantations and the establishment of them close to optimal composition. Therefore, it is important to devise rational schemes and methods of tree species mixing during the creation of forest plantations with the participation of *Pinus sylvestris* L. and *Betula pendula* Roth. in poor soil conditions, where Scots pine would be characterized by high productivity and stability using soil-improving effect of silver birch.

The feasibility of introducing silver birch into Scots pine plantations is the subject of long debate in the scientific literature; however, the conclusions of researchers are ambiguous. The investigation of silver birch impact on Scots pine in poor soil conditions is the biological basis for developing forestry measures to regulate the share of deciduous species in birch-pine plantations in order to improve the growth of Scots pine and ensure its superiority in the plantation.

The aim of the study was to determine the effect of individual rows of *Betula pendula* on the average height and diameter of *Pinus sylvestris* in a 6-row strip of trees and to determine the optimal number of rows in a pine strip at a certain width between rows. Scots pine in fresh soil conditions cannot accumulate high

stocks of stem wood due to the poor soil conditions of forested plot, therefore it grows in correspondence to site index 3 according to M. M. Orlov's scale. Exceptions are poor soil conditions that are closer in terms of forest vegetation effect to relatively poor conditions or in terms of close to optimal participation of silver birch in the composition, where pine can grow according to site index 2.

Strong suppression of silver birch by Scots pine in forest plantations of moist soil conditions, especially in the case of the introduction of mixing rows, cannot be an unequivocal reason for the inexpediency of introducing birch as a companion species in pine plantations. It is found that in the conditions of fresh soil types of pine forest, the influence of silver birch on the growth of Scots pine is positive. The main roles are played by the accepted scheme of mixing, the width of the rows and the number of rows of pine in the strip, which determines the range of positive effect of silver birch on coniferous species.

The impact of silver birch on Scots pine largely depends on the width of the rows. The narrower the row spacing, the more rows of pine come under positive effect of birch due to the acceleration of precipitation decomposition, but, at the same time, the negative impact of deciduous species on the adjacent row of pine increases.

Under soil conditions  $A_2$  with a 2-meter width between rows, the positive effect of birch extends to four rows of pine, namely with the introduction of the mixing scheme 1r.Bp 4r.Ps (hereafter Nr – number of rows; Bp – *Betula pendula* Roth.; Ps – *Pinus sylvestris* L.). Herewith the width of the strip of trees reaches 10 m. Taking into account the range to which the positive influence of birch extends, for 1.5-meter width between rows the recommended mixing scheme will be 1r.Bp 6r.Ps.

Under soil conditions  $A_2$  using the scheme of mixing 1r.Bp 4r.Ps and plant spacing  $2.0 \times 0.5$  m and initial density of 10.0 thousand pieces/ha, the initial participation of birch would be 20%; according to the scheme of mixing 1r.Bp 6r.Ps and plant spacing  $1.5 \times 0.5$  m and the initial density of 13.4 thousand pieces/ha, the participation of birch in the initial composition would be equal to 15%. The specified share of deciduous species using indicated technological elements to create forest plantation is close to optimal.

**Key words:** poor soil conditions; schemes and methods of tree species mixing; completeness; interaction; height; diameter.

<sup>1</sup> 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, 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>

<sup>2</sup> Yuriy Myklush – PhD of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Forest Inventory and Forest Management Department. Ukrainian National Forestry University, General Chuprynka st., 103, Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: 032-239-27-46, +38-067-750-38-26. E-mail: y.myklush@nltu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1940-1045>



УДК 316.722 : 712.253 : 58 : 069.029

## Роль соціокультурного аспекту у формуванні паркового середовища

Н. О. Олексійченко<sup>1</sup>, Н. В. Гатальська<sup>2</sup>, М. С. Коленкіна<sup>3</sup>

*Дослідження фокусуються довкола людини як суб'єкта сприйняття паркового середовища, яке змінюється із плином часу під дією соціокультурних чинників та спрямовані на виявлення вимог респондентів різних вікових категорій до паркового середовища різного функціонального призначення (історичного, меморіального, міського парку відпочинку).*

*Для проведення дослідження було залучено 60 осіб, віком від 22 до 74 років. Виявлення впливу соціокультурного чинника, зокрема радянських ідеалів на формування вимог до паркового середовища зумовило необхідність розподілу респондентів на дві вікові категорії: молоді люди – 22-34 роки (народилися після або незадовго до закінчення радянського періоду історії України); зрілі люди – 46-74 роки (дитинство, юність та/або середні роки пройшли за часів Радянської України).*

*Встановлено, що основною вимогою до міського парку відпочинку є комфорт рекреації незалежно від віку респондентів. Для молодих людей міський парк відпочинку є важливим об'єктом комунікації, як на рівні повсякденного спілкування, так і об'єктом культурного надбання соціуму, для зрілих – пріоритетним, після комфорту, є привабливість та функціональність території. Наявність національних прикмет у межах міського парку відпочинку важлива для однакової частки (близько 11%) респондентів обох вікових категорій.*

*Для меморіального та історичного парку важливими є інформативні функції паркового середовища, однак шляхи забезпечення останньої відрізняються відповідно до вікової категорії. У зрілих людей це, насамперед, матеріальні компоненти культурної спадщини, у молодих – інформаційні якості паркового середовища.*

**Ключові слова:** естетика паркового середовища; функціональні ознаки; соціокультурні чинники.

**Вступ (Introduction).** Одним із важливих та, водночас, дискусійних методологічних питань як оцінювання, так і формування паркового середовища відповідно до естетичних, соціокультурних та ідеологічних поглядів суспільства, є визначення його потреб. Дослідження у цьому напрямі передбачають аналіз соціокультурного аспекту під

час формування вимог потенційних рекреантів до паркового середовища різного функціонального призначення. Важливість вивчення цього питання зумовлено історичною політикою, яка є об'єктом наукових інтересів низки українських і зарубіжних учених. Проте, державна політика щодо радянської спадщини в сучасній Україні досі не стала предме-

<sup>1</sup> Олексійченко Надія Олександрівна – академік Лісівничої академії наук України, доктор сільськогосподарських наук, професор завідувач кафедри ландшафтного проектування та садово-паркового мистецтва. Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова, вул. Маршала Бажанова 17, м. Харків, 16002, Україна. Тел.: (057) 707-31-20, +38-098-330-22-78. E-mail: [nolexiichenko@gmail.com](mailto:nolexiichenko@gmail.com) ODCID: 0000-0003-0499-5992

<sup>2</sup> Гатальська Надія Вікторівна – доктор архітектури, доцент кафедри ландшафтного проектування та садово-паркового мистецтва. Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова, вул. Маршала Бажанова 17, м. Харків, 16002, Україна. Тел.: (057) 707-31-20, +38-067-728-69-20. E-mail: [gatalska.nadiia@gmail.com](mailto:gatalska.nadiia@gmail.com) ODCID: 0000-0001-9538-2379

<sup>3</sup> Коленкіна Марина Сергіївна – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри ландшафтного проектування та садово-паркового мистецтва. Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова, вул. Маршала Бажанова 17, м. Харків, 16002, Україна. Тел.: (057) 707-31-20, +38-050-276-31-09. E-mail: [kolenkinamarina@gmail.com](mailto:kolenkinamarina@gmail.com) ODCID: 0000-0002-5612-0947

том ґрунтового наукового дослідження. Поряд із цим, аналіз радянської спадщини в монументальному мистецтві (значна частина якої зосереджена в парках) дає змогу розкрити особливості інтеграції радянської складової в ідеологічний простір сучасної України (Гайдай, 2014).

Важливого значення у формуванні ідеологічного простору набуває міське середовище загалом та паркове – зокрема. Місто є одночасно продуктом і процесом взаємодії, об'єктом формування інформації та її прочитання. Таким чином, предметно-просторове середовище міст має подвійну цінність – матеріально-практичну та інформаційно-естетичну (Иконников, 1985). Окрім того, парки вважають показником життєздатності урбосередовища загалом (Farahani, & Maller, 2018). Збільшення важливості парків, як компонентів міського середовища, зумовлено зростаючим процесом урбанізації в усьому світі та погіршенням екологічної ситуації (Kabisch, Qureshi, & Haase, 2015; Lin et al., 2014).

Незважаючи на важливість дослідження саме суб'єкт-об'єктних відносин людини і паркового середовища як прояву естетичних, культурно-історичних та соціальних процесів, спостерігається відсутність системних знань щодо цього явища (Farahani, & Maller, 2018). Окремі дослідження історичного та соціокультурного чинників суб'єкт-об'єктних відносин людини і паркового середовища, а також сприйняття його образної системи, усвідомленості інформативних якостей мають поодинокий характер і висвітлені, здебільшого, у публікаціях закордонних авторів (Gobster, 2001; Gregotti, 2009; Jankovic, 2017; Gungor, & Polat, 2018; Yilmaz, Özgüner, & Mumcu, 2018; Polat, & Akay, 2015). Відтак, N. Jankovic (2017) розглядає територію як «культурну конструкцію», зміни в якій є проявом соціальних процесів, що впливають на формування ландшафту як на матеріальному, так і на абстрактному рівнях. Матеріальну структуру ландшафту меморіального парку автор розглядає як вираження соціального, історичного та ідеологічного контексту, аналіз взаємозв'язків якого є не менш важливим, ніж дослідження матеріальних форм.

*Метою досліджень* є визначення ролі соціокультурного аспекту у формуванні вимог до середовища паркових об'єктів різного функціонального призначення.

*Об'єктом дослідження* були соціокультурні аспекти естетичного сприйняття паркових пейзажів. *Предмет дослідження* – особливості впливу соціокультурного аспекту на формування вимог до середовища паркових об'єктів різного функціонального призначення

**Об'єкти і методика досліджень (Objects and methods).** Для здійснення дослідження було залучено 60 осіб, вік яких змінюється в межах від 22 до 74 років. Виявлення впливу соціокультурного чинника, зокрема радянських ідеалів на формування вимог до паркового середовища відповідно до його

функціональних і композиційних особливостей, зумовило необхідність розподілу респондентів на дві вікові категорії:

– молоді люди – 22-34 роки (народилися після або незадовго до завершення радянського періоду історії України);

– зрілі люди – 46-74 роки, до якої увійшли респонденти середнього і похилого віку (дитинство, юність та/або середні роки пройшли за часів радянського періоду історії України).

Середній вік першої вікової категорії становить 23,9 (30 осіб), а другої – 58,9 років (30 осіб).

У межах цього дослідження було застосовано вільний асоціативний експеримент, у ході якого респонденти самостійно визначали вимоги, яким повинен відповідати парковий об'єкт відповідно до його функціональних особливостей, а також культурно-історичного значення (Спиридонова, 2015). Аналіз результатів передбачав розподіл наведених респондентами ознак на групи, розміщені в електронній таблиці Excel, з паралельним підрахунком відносної частки респондентів, які вказали на ті чи інші аспекти в межах меморіального, історичного або міського парку відпочинку. Класифікацію зауважених респондентами ознак на категорії та групи здійснили на основі аналізу наукових джерел та відповідно до результатів анкетування, що зумовило необхідність виокремлення ознак циклічних змін (Bell, 1999, 2004) та функціональних асоціацій («відпочинок», «прогулянка» тощо).

**Результати (Results).** В результаті проведеного опитування було визначено вимоги, які респонденти висувають до міських парків відпочинку, історичних і меморіальних паркових об'єктів. Ознаки паркового середовища, характерні для міського парку відпочинку, відзначаються низкою подібних і відмінних рис відповідно до вікової групи. Подібними є наявність естетично привабливих рослин і рослинних угруповань, потреба в ознаках фізичного комфорту (наявність малих архітектурних форм (МАФ) утилітарного призначення, розвинута інфраструктура, догляд за станом компонентів паркової території).

Незважаючи на те, що частка зрілих людей, які зауважили на необхідності присутності цих компонентів, дещо більша, ніж молодих, вказані ознаки домінують серед інших в межах обох вікових категорій. До подібних ознак (із несуттєвим домінуванням серед групи молодих людей) можна віднести такі: необхідність у великій території, зручному плануванні, а також доцільності відображення в межах паркового простору індивідуальних рис міста та країни (рис. 1). Найсуттєвішою між віковими категоріями є відмінність у зауваженнях щодо наявності компонентів садово-паркового інтер'єру, де частка зрілих респондентів, що зазначили цю вимогу, на 15,9% більша, ніж молодих. Необхідність у місцях для відпочинку влаштування тінистих місць, добрий санітарний стан насаджень (частка респондентів, що вказала на потребу у рослинах також більша) є основою для комфортного пасивного відпочинку, який,

ймовірно, зрілі люди вбачають як основний в межах конкретного типу паркового об'єкту.

Ознаки середовища історичного парку мають суттєвіші відмінності між віковими групами порівняно із міським парком відпочинку. Однак, поряд з цим є ознаки, які вказані приблизно однако-

вою кількістю респондентів обох вікових груп. До таких відносяться, насамперед, збережені історичні компоненти, у т.ч. й архітектурні споруди, наявність яких в межах історичного парку вважають важливою 33,3% молодих та 42,1% – зрілих людей.

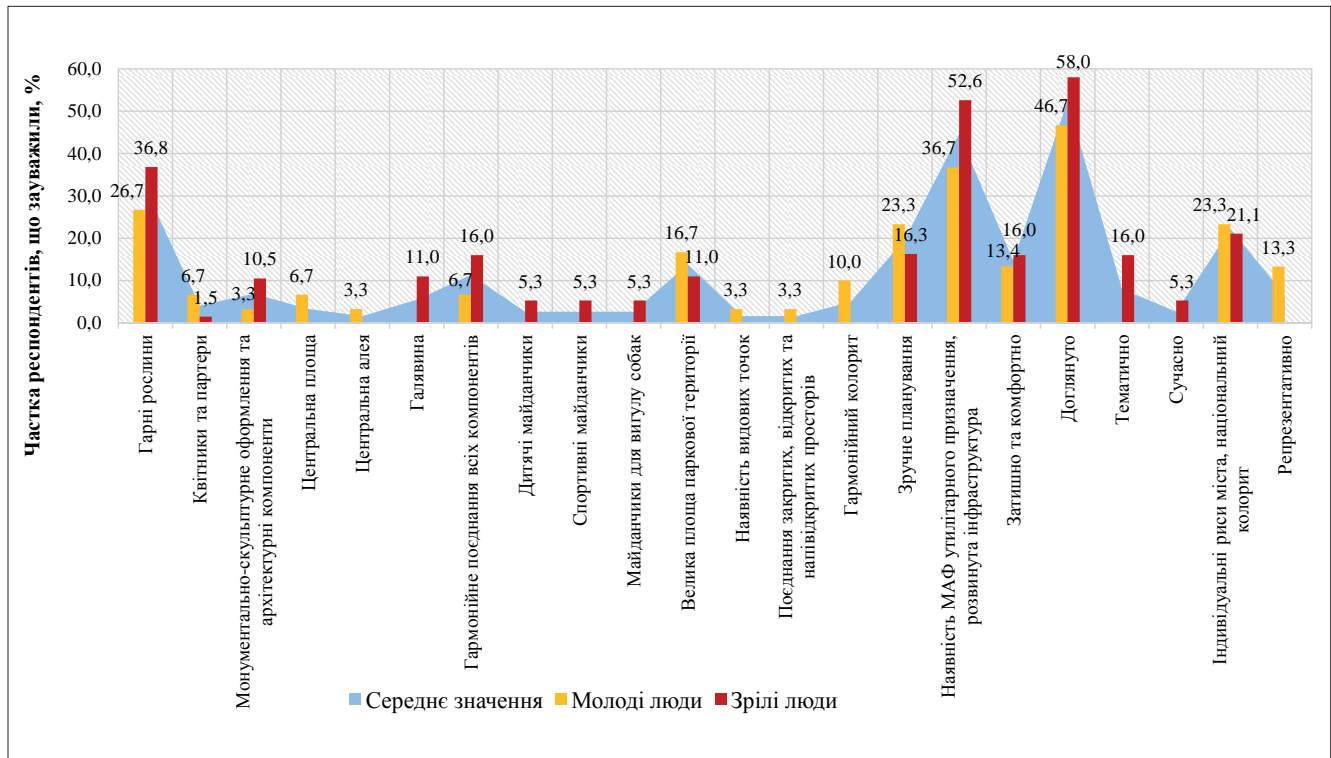


Рис. 1. Структура вимог, які висуваються респондентами до міського парку відпочинку

Fig. 1. The structure of the requirements of the respondents to the city recreation park

Важливо зазначити, що молоді люди окремо звернули увагу на необхідність збереження історичних насаджень, а зрілі – не виокремлювали рослинні угруповання та архітектурні компоненти. На доцільності розміщення елементів монументально-скульптурного оформлення в межах історичного парку (як і загальноміського) більше наголошують зрілі люди (рис. 2, див. рис. 1).

Окрім насаджень, серед компонентів паркового середовища, які мають бути в межах історичного парку, молодими людьми відзначено характерну (або аутентичну) планувальну структуру (13,3%), у той час, як лише 3,3% зрілих респондентів звернули на це увагу.

Найсуттєвішою відмінністю у частці респондентів, які звернули увагу на певну ознаку середовища історичного парку, як важливої складової, є відображення історичних подій, на яку звернули увагу 56,7% молодих людей та лише 21,1% – зрілих. Важливим є суттєве, порівняно із загальноміським парком, зниження уваги до базових ознак комфорту в обох групах опитаних, хоча серед зрілих людей частка таких згадувань дещо вища, ніж у молодих (див. рис. 1-2).

Ще менше уваги щодо комфорту перебування в межах паркового середовища респонденти приділили меморіальним об'єктам (рис. 3). Хоча 10,5% зрілих та 6,7% молодих людей звернули увагу на необхідності розміщення МАФ утилітарного призначення в межах меморіального парку, проте жоден респондент не зауважив на їх доцільності в межах історичного. Найбільше уваги респондентами в межах меморіального парку зосереджено довкола монументально-скульптурного оформлення, де, як і в попередніх випадках, частка зрілих респондентів більша, ніж молодих – 36,8% та 26,7% відповідно, відзначили необхідність розміщення цих компонентів у парковому середовищі. Подібною до попередніх результатів є увага молодих людей до композиції рослинних угруповань, яка, на думку 23,3% опитаних, має узгоджуватися із тематикою парку. При цьому зрілі люди на цей аспект не вказали, проте зауважили на необхідності гармонійного поєднання штучних і природних компонентів (див. рис. 3). Цікавим аспектом є наголос обома групами (хоч і не у значній кількості) на важливості відповідності колориту паркового середовища тематиці парку, чого не було відзначено в межах історичного парку.

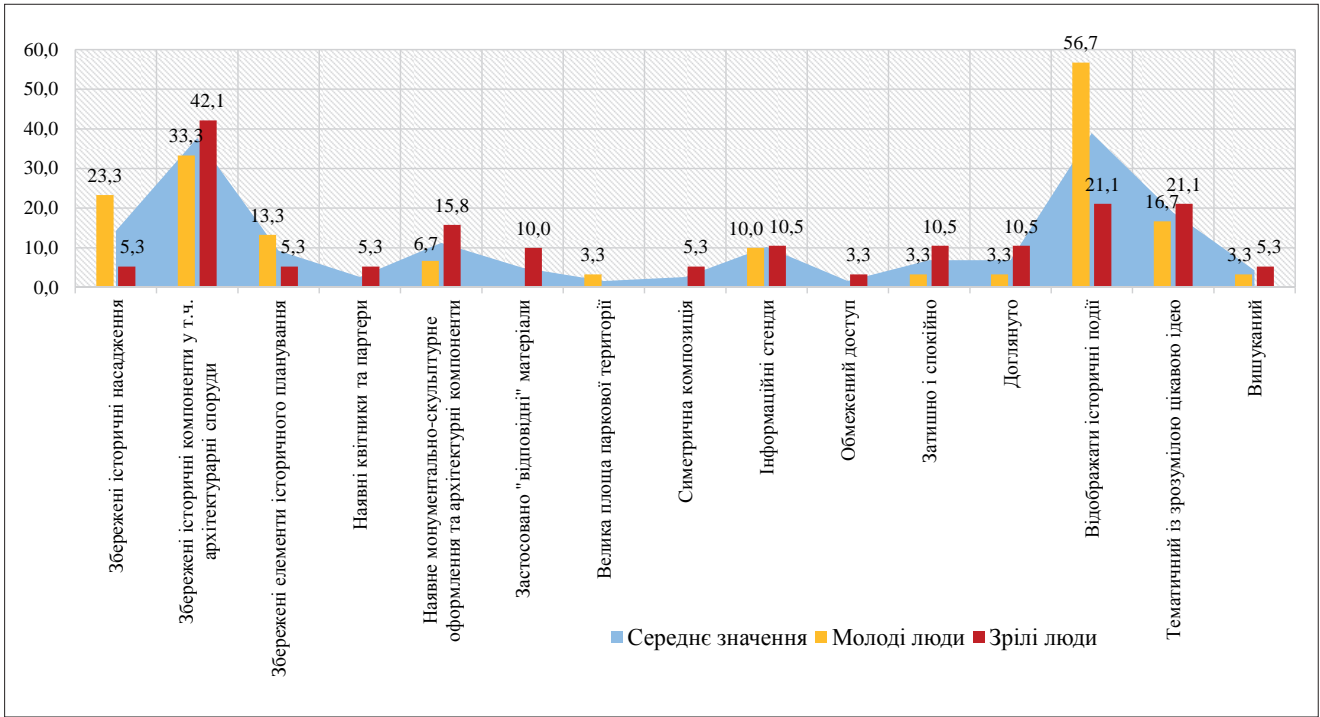


Рис. 2. Структура вимог, які висуваються респондентами до історичного парку  
 Fig. 2. The structure of the requirements of the respondents to the historical park

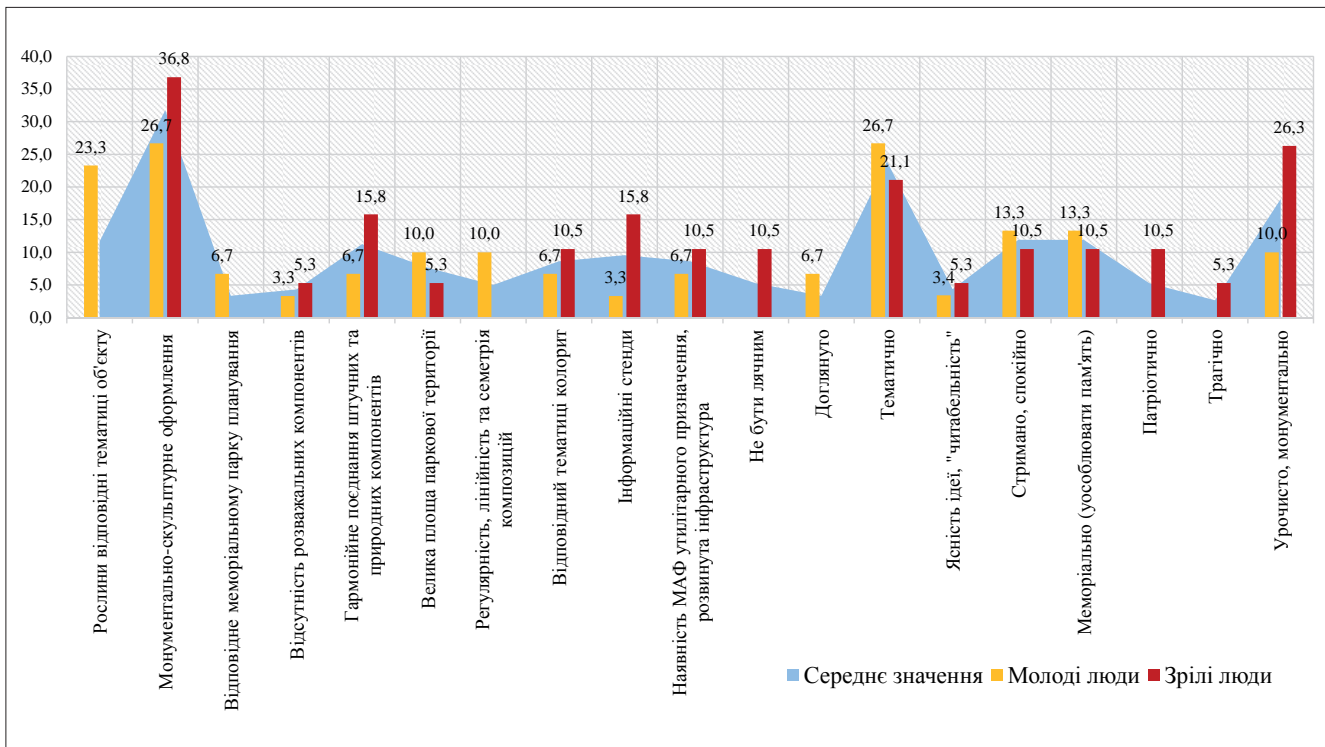


Рис. 3. Структура вимог, які висуваються респондентами до меморіального парку  
 Fig. 3. The structure of the requirements put forward by the respondents to the memorial park

**Дискусія (Discussion).** За результатами здійснених досліджень виявлено вплив соціокультурного чинника на окреслення вимог до міського парку відпочинку, що відображено у частці згадувань щодо розміщення компонентів монументально-

скульптурного оформлення, а також емоційно-асоціативних ознак. Зокрема, на важливості монументально-скульптурного оформлення міського парку відпочинку зауважує утричі більше зрілих респондентів, ніж молодих (див. рис. 1). Ця

обставина може бути наслідком соціокультурного впливу радянської концепції формування паркового простору, спрямована на меморіалізацію революційних подій, а з другої половини ХХ ст. – популяризації культу «Великої Вітчизняної війни». Концепція передбачала розміщення монументів в межах майже кожного ландшафтного об'єкта, що зумовило створення відповідної асоціації між парковим середовищем та монументальним оздобленням.

Потреба респондентів різних вікових груп у вираженні ознак, які визначають національні особливості паркової території, є найподібнішою порівняно із рештою ознак, що може бути свідченням однакості щодо важливості цього аспекту. Однак, решта емоційно-асоціативних ознак, які мають виникати в межах міського парку відпочинку, на думку респондентів різних вікових груп принципово різняться. Молоді люди вбачають необхідність репрезентативності паркового середовища (13,3%), на користь чого свідчать і зауваження у доцільності центральної площі та алеї. Своєю чергою, зрілі люди зауважують на важливості формування сучасного парку, а також його тематичній спрямованості (див. рис. 1).

Аналізуючи отримані результати в площині потреб, які має задовольняти середовище міського парку відпочинку, доцільно зауважити на первинних вимогах людей незалежно від віку – фізичний комфорт перебування, що підтверджено і попередніми дослідженнями (Oleksichenko, & Gatalska, 2018). Поряд із цим, для молодих людей міський парк відпочинку є об'єктом комунікації, як на рівні повсякденного спілкування (необхідність зручного планування площі, ознак фізичного комфорту), так і об'єктом культурного надбання соціуму (індивідуальні риси міста, національний колорит, репрезентативність паркового середовища, партерні композиції та ін.). Для зрілих людей пріоритетним, після комфорту, є гармонійність і функціональність паркового середовища. Однак необхідність у національній ідентифікації також присутня. У підсумку доцільно акцентувати увагу на домінуючій ролі філогенезу, який визначає «основні» або «базові» ознаки паркового середовища. На другому місці, відповідно до результатів опитування, є потреба самоідентифікації, зокрема етнічної, регіональної та соціокультурної, що є наслідком впливу соціокультурних чинників і засвідчує важливість їх врахування.

На доцільності розміщення елементів квіткового оформлення в межах загальноміського парку наголосили 6,7% молодих людей, але жоден не вбачає необхідність їх розташування в історичному парку. Натомість лише 1,7% зрілих людей вважають, що ці елементи доцільні у міському парку відпочинку і 5,3% – в історичному (див. рис. 1-2).

Тобто, для зрілих людей домінуючою є потреба збереження культурної спадщини, а для молодих – отримання інформації про історичні події. Поряд із тим, на важливості тематичного спрямування та

зрозумілості ідейного навантаження наголошують обидві групи респондентів. Важливим аспектом є висока подібність частки респондентів, які звертають увагу на необхідність розміщення таких прямих засобів ідейного навантаження як інформаційні стенди (див. рис. 2).

Спектр емоційно-асоціативних ознак, які мають виникати в межах меморіального парку, і зауважені респондентами, є найширшим, порівняно з міським парком відпочинку та історичним парком. Достатньо подібними обидві вікові категорії є у міркуваннях щодо необхідності «тематичності», «стриманості» та «меморіальності» (уособлення пам'яті) середовища меморіального парку. Однак, на урочистий характер паркового простору наголошують 26,3% зрілих людей і лише 10% – молодих. Частка зрілих респондентів, які вважають необхідною урочистий характер середовища меморіального парку, є найбільшою з-поміж всіх емоційно-асоціативних ознак (див. рис. 3), що також може бути свідченням впливу принципів організації меморіальних парків (головним чином військової тематики), які домінували в Радянській Україні. Окрім того, зрілі люди акцентували увагу на таких ознаках, як «трагізм» і «патріотизм», що не зауважено молоддю. Відповідно, для молодих людей основною функцією меморіального об'єкту (як і історичного) є інформаційна, а зрілі люди розглядають її, в основному, як виховний об'єкт.

**Висновки (Conclusions).** Основними потребами в межах паркового середовища респондентів усіх вікових категорій є «основні» або «базові» ознаки комфорту, на другому місці – потреба самоідентифікації, зокрема етнічної, регіональної та соціокультурної. Міський парк відпочинку для молодих людей є об'єктом комунікації та репрезентації культурного надбання соціуму. Для зрілих людей пріоритетним, після комфорту, є привабливість і функціональність паркового середовища. Домінуючою усвідомленою потребою в межах історичних і меморіальних парків для зрілих людей є збереження культурної спадщини, а для молодих – отримання інформації про історичні події. Поряд з цим, на важливість тематичного спрямування та зрозумілості ідейного навантаження наголошують представники обох вікових категорій.

## Список літератури (References)

- Гайдай, О. Ю. (2014). Політика щодо монументальної спадщини радянської доби в Україні (на прикладі Вінницької області). *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна*, 48, 69-78. [Haidai, O. Yu. (2014). Policy on the monumental heritage of the Soviet era in Ukraine (demonstrated by the example of the Vinnytsia region). *Bulletin of V.N. Karazin Kharkiv National University*, 48, 69-78] (in Ukrainian)
- Иконников, А. В. (1985). Искусство, среда, время: эстетическая организация городской среды.

- Москва: Советский художник [Konnikov, A.V. (1985). *Art, environment, time. Aesthetic perception of the urban environment*. Moscow: Soviet artist] (in Russian)
- Спиридонова, Л.К. (2015). Асоціативний експеримент як засіб дослідження образу світу. *Наково-практичний журнал Південноукраїнського національного педагогічного університету імені К.Д. Ушинського: Наука та освіта, 1*, 152-158. [Spiridonova, L.K. (2015). An associative experiment as a tool for exploring the image of the world. *Scientific and practical journal of the South Ukrainian National Pedagogical University named after KD Ushinsky: Science and education, 1*, 152-158] (in Ukrainian)
- Bell, S. (1999). *Landscape: Pattern, Perception, and Process*. London: Taylor & Francis
- Bell, S. (2004). *Elements of Visual Design in the Landscape Second Edition*. London & New York: Spon Press
- Farahani, L.M., & Maller, C. (2018). Perception and Preferences of Urban Greenspaces: A Literature Review and Framework for Policy and Practice. *Landscape Online, 61*, 1-22. <https://doi.org/10.3097/LO.201861>
- Gobster, P.H. (2001). Visions of nature: conflict and compatibility in urban park restoration. *Landscape and Urban Planning, 56* (1-2), 35-51. [https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(01\)00164-5](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(01)00164-5)
- Gregotti, V. (2009). The Form of the Territory. *OASE: On Territories, 80*, 7-22
- Gungor, S., & Polat, A.T. (2018). Relationship between visual quality and landscape characteristics in urban parks. *Journal of Environmental Protection and Ecology, 19* (2), 939-948. <https://doi.org/10.1061/j.ufug.2015.05.009>
- Jankovic, N. (2017). Architectural Terri(s)ories: Jajinci Memorialm Park in Belgrade. *AM Journal of Art and Media Studies, 12*, 81-98. <https://doi.org/10.25038/am.v0i12.169>
- Kabisch, N., Qureshi, S., & Haase, D. (2015). Human-environment interactions in urban green spaces – A systematic review of contemporary issues and prospects for future research. *Environmental Impact Assessment Review, 50*, 25-34. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2014.08.007>
- Lin, B.B., Fuller, R.A., Bush, R., Gaston, K.J., & Shanahan, D.F. (2014). Opportunity or Orientation? Who Uses Urban Parks and Why. *Plos One, 9* (1). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.008742>
- Oleksichenko, N., & Gatalska, N. (2018). Methodological approaches to assess the aesthetics of park environment. *Forestry Ideas, 24*, 2 (56), 141-162. Retrieved from [https://www.researchgate.net/publication/330683596\\_METHODOLOGICAL\\_APPROACHES\\_TO\\_ASSESS\\_THE\\_AESTHETICS\\_OF\\_PARK\\_ENVIRONMENT](https://www.researchgate.net/publication/330683596_METHODOLOGICAL_APPROACHES_TO_ASSESS_THE_AESTHETICS_OF_PARK_ENVIRONMENT)
- Polat, A.T., & Akay, A. (2015). Relationships between the visual preferences of urban recreation area users and various landscape design elements. *Urban Forestry & Urban Greening, 14* (3), 573-582. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2015.05.009>
- Yilmaz, S., Özgüner, H., & Mumcu, S. (2018) An aesthetic approach to planting design in urban parks and greenspaces. *Landscape Research, 43* (7), 965-983. <https://doi.org/10.1080/01426397.2017.1415313>

## The role of socio-cultural aspect in the formation of park environment

N. Oleksiichenko<sup>1</sup>, N. Gatalska<sup>2</sup>, M. Kolenkina<sup>3</sup>

One of the important issues in the formation of a park environment is the identification of the human needs, which must be realized within the boundaries of this environment and which change under the influence of both personal and socio-cultural factors. The importance of studying the socio-cultural aspect is due to politics of memory, which is the object of scientific interest of a number of scientists, however, the state policy in relation to the Soviet heritage in modern Ukraine has not yet become the subject of thorough scientific research. The objectives – to identify the role of socio-cultural aspect in the formation of requirements for the environment of park objects of different functional purpose.

The study involved 60 people, aged 22 to 74 years. Identification of the influence of socio-cultural factor, in particular Soviet ideals, on the formation of requirements for the park environment necessitated the division of respondents into two age categories: young people – 22-34 years old (born after or shortly before the end of the Soviet period in Ukraine); people of ripe years – 46-74 years old (childhood, youth and /or middle age of whom passed during the Soviet Ukraine). A free associative experiment was applied in the study.

The socio-cultural aspect in identifying the requirements for a city recreation park is traced in the proportion of respondents who noted the expediency of placing components of monumental and sculptural

<sup>1</sup> *Nadiia Oleksiichenko* – Full Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Doctor of Agricultural Sciences, Head of the Department of Landscape Architecture and Park Art, The O.M. Beketov National University of Urban Economy, Kharkiv, 17 Marshal Bazhanov st., Kharkiv, 16002, Ukraine. Tel.: (057)707-31-20, (098)330-22-78. E-mail: nolexiichenko@gmail.com ODCID: 0000-0003-0499-5992

<sup>2</sup> *Nadiia Gatalska* – Doctor of Architecture, Associate Professor at the Department of Landscape Architecture and Park Art, the O.M. Beketov National University of Urban Economy, Kharkiv, 17 Marshal Bazhanov st., Kharkiv, 16002, Ukraine. Tel.: (057)707-31-20, (067)728-69-20. E-mail: gatalska.nadiia@gmail.com ODCID: 0000-0001-9538-2379

<sup>3</sup> *Marina Kolenkina* – Ph.D in Agricultural Sciences, Associate Professor at the Department of Landscape Architecture and Park Art, the O.M. Beketov National University of Urban Economy, Kharkiv, 17 Marshal Bazhanov st., Kharkiv, 16002, Ukraine. Tel.: (057)707-31-20, (050)276-31-09. E-mail: kolenkinamarina@gmail.com ODCID: 0000-0002-5612-0947



design. This fact may be a consequence of the socio-cultural influence of the Soviet concept of park space formation, aimed at the memorialization of revolutionary events, and from the second half of the twentieth century. – World War II, and which assumed the placement of monuments in almost every landscape object, which contributed to the creation of an appropriate association between the park environment and its monumental decoration.

The features of the historic park environment have significant differences between age groups. Young people paid special attention to the need for historic plantations, while people of ripe years did not single out plant groups. The expediency of placing elements of monumental and sculptural decoration within the historic park (as well as the city park) is more noted on the part of people of ripe years. The most significant difference in the proportion of respondents who paid attention to a certain feature of the historic park environment as being important is the reflection of historical events, which was noted by 56.7% of young people and only by 21.1% of people of ripe age. Most of the respondents' attention is focused on the monumental and sculptural design, where, as in previous cases, the proportion of older respondents is greater than that of young people – 36.8% and 26.7%, respectively. All the respondents noted the need to

place these components in the memorial park. An interesting aspect is the emphasis of both-groups on the importance of matching the coloration of the park environment with the theme of the park, which was not the case within the historic park. Both age categories are relatively unanimous in their discussions about the need for “thematic”, “restraint” and “memorial” (embodiment of memory) environment of the memorial park. However, the solemn nature of the park space is emphasized by 26.3% of people of ripe years and only by 10% of young people, which may also be evidence of the influence of the principles of organization of memorial parks that dominated in Soviet Ukraine. The main needs within the park environment of respondents of all age categories are signs of physical comfort, in the second place is the need for self-identification, in particular ethnic, regional and socio-cultural. The city's recreational park for young people is an object of communication at the level of everyday communication and representation of the cultural heritage of the society. For older respondents, the attractiveness and functionality of the park environment is a priority after comfort. A dominant conscious need within the historic and memorial parks for people of ripe years is to preserve cultural heritage, and for young people – to obtain information about historical events.

**Key words:** park environment aesthetics; functional characteristics; socio-cultural phenomena.

## 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/10.15421/412131>  
Article received 2021.09.11  
Article accepted 2021.12.29

ISSN 1991-606X print  
ISSN 2616-5015 online  
@ ✉ Correspondence author  
Heorhiy H. Hrynyk  
[h.hrynyk@nltu.edu.ua](mailto:h.hrynyk@nltu.edu.ua)

103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine

УДК 630\*[524.39:176.322.2](292.452)

### Стовбура біопродуктивність букових деревостанів Полонинського хребта Українських Карпат

Г. Г. Гриник<sup>1</sup>, А. І. Задорожний<sup>2</sup>, О. М. Гриник<sup>3</sup>

Розроблені на основі середніх значень діаметра, висоти та відносної повноти букових деревостанів моделі адекватно описують залежність компонентів надземної фітомаси дерев бука лісового в типах лісорослинних умов  $C_3$  та  $D_3$ . Показники загальної біопродуктивності у досліджуваних типах лісорослинних умов мають близькі значення, але істотно відрізняються структурою компонентів надземної фітомаси стовбурів деревостану. Встановлено, що модальні букові деревостани у властивих їм типах лісу в ТЛУ  $D_3$  незначно переважають аналогічні в ТЛУ  $C_3$  за такими таксаційними показниками деревостанів, як середня висота, середній діаметр, сума площ поперечного перетину, загальний запас деревини. Також виявлено, що в ТЛУ  $D_3$  вищі значення притаманні фітомасі стовбура та фітомасі стовбура у корі. Сумарні значення фітомаси гілок у корі у ТЛУ  $D_3$  є вищими, порівняно із ТЛУ  $C_3$ , є у віці 1-20 років, а від 21 до 100 років вищі значення виявлено у ТЛУ  $C_3$ . З'ясовано, що загальна біопродуктивність до 70 років є вищою у ТЛУ  $D_3$ . Загальна надземна стовбурова фітомаса деревостанів букових деревостанів на досліджуваній території становить 24592775 т, зокрема найбільшу частку становлять середньовікові деревостани – 51,2%. Зважаючи на нерівномірний розподіл площ деревостанів за групами віку, зі зростанням віку деревостану збільшується їхня відносна частка у загальній біопродуктивності. Найбільшу частку у загальній біопродуктивності надземної частини дерева становить фітомаса стовбура (74,1%), гілок (17,5%), кори стовбура (3,9%), листя (3,4%) та кора гілок (1,1%). У розрізі вікових груп фітомаса стовбура зі збільшенням віку деревостану зростає. Так само збільшується значення частки стовбура у корі – від 73,5 до 78,9%. Частка гілок у корі з віком, навпаки, зменшується – від 22,4 до 17,9%.

**Ключові слова:** надземна фітомаса; стовбур дерева; тип лісорослинних умов; *Fagus sylvatica* L.; компоненти фітомаси; таксаційні показники.

<sup>1</sup> Гриник Георгій Георгійович – академік Лісівничої академії наук України, професор кафедри лісової таксації та лісовпорядкування, доктор сільськогосподарських наук. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103. м. Львів, 79057, Україна. E-mail: [h.hrynyk@nltu.edu.ua](mailto:h.hrynyk@nltu.edu.ua) ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7417-5047>. ResearcherID: Q-8126-2017

<sup>2</sup> Задорожний Андрій Іванович – старший викладач кафедра лісівництва, кандидат сільськогосподарських наук. Ужгородський національний університет, вул. Університетська, 14, м. Ужгород Закарпатської обл., 88000, Україна. E-mail: [andriy.zadorozhnyy@uzhnu.edu.ua](mailto:andriy.zadorozhnyy@uzhnu.edu.ua) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0664-5462>

<sup>3</sup> Гриник Олена Миколаївна – доцент кафедри ботаніки, деревинознавства та недревних ресурсів лісу, кандидат сільськогосподарських наук. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103. м. Львів, 79057, Україна. E-mail: [o.hrynyk@nltu.edu.ua](mailto:o.hrynyk@nltu.edu.ua) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2710-6118>. ResearcherID: Q-8111-2017

**Вступ (Introduction).** Одним із найважливіших інформативних показників, які використовують для вирішування багатьох лісівничих, ресурсознавчих та екологічних питань, є якісні характеристики надземної фітомаси дерев. Тому фітомаса бука лісового, як одного із головних типотвірних деревних видів України загалом та Українських Карпат зокрема, є надзвичайно цікавим об'єктом, який впродовж тривалого часу досліджують науковці (Лакида, 2002; Лакида, Василюшин, Лещенко, Терент'єв, 2011). Особливості фітомаси, як одного з основних складників біологічної продуктивності, досліджують переважно за двома напрямками – біогеоценологічним (екологічним) та ресурсознавчим. Для розвитку обох напрямків потрібно розробити нормативи оцінки біологічної продуктивності дерев і деревостанів за основними компонентами фітомаси. Для цього використовують традиційні методи вимірювальної та перелікової таксації, доповнені специфічними підходами, зокрема додатковим використанням вагового, стереометричного та комплексного методів оцінювання компонентів надземної фітомаси дерев (Полубуяринов, 1976; Уткин, 1975; Уткин, 1982).

Біологічну продуктивність лісів розглядають як їх основну характеристику, що визначає хід процесів у лісових екосистемах та використовують для здійснення екологічного моніторингу, сталого ведення лісового господарства, моделювання продуктивності лісів з урахуванням глобальних змін, вивчення структури та біорізноманіття лісового покриву, оцінювання вуглецедепонувальної місткості лісів.

Гірські ліси відіграють надзвичайно важливу роль і виконують низку функцій: окрім суто господарських, ще й стокорегулятивну, кліматотвірну, вуглецедепонувальну та багато інших (Лакида, 2002; Швыденко, 1981; Уткин, Вомперський, 1988; Watt et al., 2006). Зважаючи на актуальні дослідження в царині вивчення впливу визначених лісівничо-таксаційних показників, ведення господарської діяльності на типологічних засадах у деревостанах на якість деревини, її морфологічну будову та фізико-механічні властивості, зокрема і на щільність, можна дійти висновку, що значення загальної надземної фітомаси деревостанів та її компонентів також істотно залежить від цих показників (Bartios, Trincado, & Watt, 2017; Carson, Cown, McKinley, & Moore, 2014; Harmon et al., 1986; Maclaren, Grace, Kimberley, Knowles & West, 1995; Sutton, & Hargis, 1973). Разом з тим, упродовж тривалого періоду часу значну увагу науковці приділяли і моделюванню залежності біомаси від окремих лісівничо-таксаційних показників (Gillespie, 1989; Лакида, 2002; Лакида, Василюшин, Лещенко Терент'єв, 2011; Уткин, Вомперський, 1988; Watt et al., 2006). Для більшої інформативності та прогнозування динаміки залежності надземної фітомаси в нашому дослідженні пропонуємо розглянути результати дослідження особливостей надземної фітомаси деревостанів *Fagus sylvatica* L., формалізованих у ви-

гляді регресійних моделей. В основу дослідів покладено результати комплексних досліджень щільності компонентів надземної фітомаси дерев бука лісового (Гриник, Задорожний, 2017; Гриник, Задорожний, 2018; Задорожний, 2015.). Тип лісорослинних умов є одним із чинників, що суттєво впливає на щільність деревини у деревних порід (Zobel, & Talbert, 1984). Однак на одній ділянці щільність змінюється як між окремими деревами, так і всередині самого дерева (Louzada, 2000).

*Мета роботи* полягає у встановленні стовбурової біопродуктивності букових деревостанів Полонинського хребта Українських Карпат. Для досягнення поставленої мети досліджено особливості структури стовбурової біопродуктивності деревостанів Полонинського хребта Українських Карпат на основі розроблених моделей та їхніх повидільних характеристик у низці типів лісорослинних умов. Для вказаного регіону такі дослідження здійснено вперше.

*Об'єкт дослідження* – особливості формування структури надземної стовбурової фітомаси букових деревостанів. *Предмет дослідження* – структура фітомаси букових деревостанів у найпоширеніших типах лісорослинних умов Полонинського хребта Українських Карпат.

**Методика та матеріали дослідження (Methods and materials of research).** Збір дослідних даних для дослідження надземної частини фітомаси дерев *Fagus sylvatica* на території Полонинського хребта Українських Карпат, здійснено на тимчасових пробних площах (ТПП), які закладено відповідно до загальноприйнятої лісотаксаційної методики «Площі пробні лісовпорядні. Метод закладання: СОУ 02.02-37-476:2006» (СОУ 02.02-37-476:2006). Для оцінювання показників щільності деревини та кори стовбурів дерев на модельних деревах (МД) різних ступенів товщини випилювали зрізи деревини у корі завтовшки 2-3 см – на висоті пня, на висоті 1,3 м, а також на відносних висотах стовбура: 0,00, 0,25, 0,50 та 0,75. Відповідно, для визначення щільності деревини і кори гілок випилювали дослідні зрізи з середини живих гілок різної довжини, які вибирали з нижньої, середньої та верхньої частин крони. Для встановлення частки листя у деревній зелені та вмісту абсолютно сухої речовини вибирали зразки – не менше трьох гілок з листям з кожної частини крони.

На етапі лабораторного дослідження використовували зрізи стовбурів і гілок крони для визначення показників природної та базисної щільності, а також щільності в абсолютно сухому стані відповідних фракцій деревини і кори. Для цього, за методикою П.І. Лакиди (2002) визначили об'єми всіх дослідних зразків, які були заготовані у польових умовах. Після виконання всіх вимірів зразки зважували для визначення їхньої маси у свіжозрубаному стані. Після цього здійснювали їх висушування у сушильній шафі за температури +105°C до абсолютно сухого стану, після чого їх повторно зважували.

Для дослідження компонентів надземної фітомаси дерев і деревостанів бука лісового, що ростуть на території Полонинського хребта Українських Карпат, використано експериментальні дані, зібрані під час виконання польових робіт упродовж 2006-2017 рр. за описаною вище методикою.

Вік досліджуваних букових деревостанів на пробних площах становить від 12 до 137 років, клас бонітету – I-II; відносна повнота – від 0,62 до 0,79. Модельні дерева (МД) вибирали за принципом репрезентативності до розподілу за ступенями товщини з урахуванням значень висоти. Для встановлення щільності в абсолютно сухому стані компонентів фітомаси стовбура відібрано і досліджено 516 зразків деревини стовбурів із 129 модельних дерев бука лісового.

**Результати (Results).** Зважаючи на те, що ареал *Fagus sylvatica*, як деревного виду середземноморського клімату, доволі часто захоплює гірські території, наближені до морського узбережжя, зокрема і в Хорватії, дослідженнями фізико-механічних властивостей деревини бука у цій країні займалися впродовж тривалого часу (Horvat, 1959, 1966, 1969; Štajduhar, 1973; Petrić, & Šćukanec, 1980; Klerac, 1986), а підсумки їхніх комплексних досліджень з власними доопрацюваннями надали S. Govorčin, T. Sinković, & J. Trajković (2003). Дослідження, проведені в Хорватії, показали істотну відмінність показника щільності деревини бука в абсолютно сухому стані – від 702-703 до 651-669 кг·м<sup>-3</sup> залежно від висоти над рівнем моря (390-1157 м) (Govorčin, Sinković, & Trajković, 2003). За результатами дослідження дерев місцевих головних лісотвірних порід для Півдня Німеччини встановлено мінімальні, максимальні та середні значення як таксаційних ознак окремих дерев, так і значення базисної щільності. Для бука лісового значення базисної щільності змінюються в межах 126-913 кг·м<sup>-3</sup> із середнім значенням 716 кг·м<sup>-3</sup> (Pretzsch, Biber, Schütze, Kemmerer, & Uhl, 2018). Загалом для дослідження використано 63 дерева бука на восьми пробних площах. Отже, можна стверджувати, що на щільність деяких елементів надземної фітомаси дерев бука лісового впливають географічне розташування деревостанів, а також типи лісорослинних умов, в яких ці деревостани ростуть.

Під час порівняння середніх значень досліджуваних таксаційних показників і значень показників надземної частини стовбурів дерев в абсолютно сухому стані для різних типів лісорослинних умов за основну гіпотезу висунемо припущення, що різниця між ними виникла випадково. За критерій перевірки цієї гіпотези слугуватиме змінна величина

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{s_d} = \frac{d}{s_d} \quad (1)$$

Для перевірки різниці між середніми значеннями окремих вибірок, утворених за результатами кластерного аналізу, на  $p$ -рівні використано  $t$ -критерій Стьюдента. Для цього, порівнюючи середньоарифметичні  $\bar{x}_1$  та  $\bar{x}_2$  кореляційно не

пов'язаних одна з одною (незалежні) вибірок, взятих із різних сукупностей, вважаємо, що різниця між ними:  $\bar{x}_1 - \bar{x}_2 = d$  виникла випадково (Лакін, 1980). За нерівновеликих вибірок, коли  $n_1 \neq n_2$  ( $n$  – кількість дослідів або варіант) помилку різниці між вибірковими середніми ( $s_d$ ) визначають за такою формулою:

$$s_d = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x}_1)^2 + \sum (x_i - \bar{x}_2)^2}{n_1 + n_2 - 2} \cdot \left( \frac{n_1 + n_2}{n_1 n_2} \right)},$$

приймавши, що  $s_1^2 = \sum (x_i - \bar{x}_1)^2$  та  $s_2^2 = \sum (x_i - \bar{x}_2)^2$ , отримаємо:

$$s_d = \sqrt{\frac{s_1^2 + s_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \cdot \left( \frac{n_1 + n_2}{n_1 n_2} \right)}. \quad (2)$$

Нульова гіпотеза спростовується, якщо  $t_{\phi} \geq t_{st}$ . У нашому випадку під час аналізу для більшості даних  $t_{\phi} \geq t_{st}$ , що свідчить про наявність різниці між середніми значеннями морфологічних і таксаційних ознак дерев у вибірках у типах лісорослинних умов (ТЛУ)  $C_3$  та  $D_3$  (табл. 1) (Лакін, 1980).

За результатами кореляційного аналізу встановлено, що найтісніше компоненти фітомаси стовбура корелюють з діаметром (0,95-0,97) та висотою (0,72-0,77) стовбура, а компоненти фітомаси крони – з висотою (0,75-0,79) та діаметром (0,96-0,97) стовбура, а також з діаметром (0,72-0,75) та об'ємом (0,81-0,87) крони. Беручи до уваги значення коефіцієнтів детермінації, для опису динаміки надземної фітомаси дерев бука лісового у модальних гірських корінних деревостанах використано значення діаметра та висоти стовбура дерева. Значення показників фітомаси розраховано на основі щільності відповідних її фракцій в абсолютно сухому стані.

Для моделювання таксаційних показників використано рівняння математичних моделей росту букових деревостанів відповідних експозиційно-орографічних груп (Гриник, 2014, 2015). Моделювання реалізовано з аналітичного опису динаміки середньої висоти ( $H$ ), яку описано таким рівнянням:

$$H = H_B \cdot \left( \frac{A_i^{a_0 - a_1 \cdot \text{LN}(A_i)}}{A_B^{a_0 - a_1 \cdot \text{LN}(A_B)}} \right)^{a_2}, \quad (3)$$

де:  $H_B$  – базисна висота деревостану у віці 100 років, м;  $A_i$  – вік деревостану, років;  $A_B$  – базисний вік деревостану, 100 років.

Для моделювання відносної повноти ( $P$ ) використано таку модель:

$$P = a_0 \cdot A_i^{a_1} + a_2 \cdot H^{a_3} + a_4 \cdot H_B^{a_5}. \quad (4)$$

На основі значень середньої висоти деревостанів та оптимальної величини показника середнього збігу розраховано динаміку середнього діаметра ( $D$ ) за моделлю:

$$D = (a_0 + a_1 \cdot H_B) \cdot P^{a_2} \cdot H^{a_3 + a_4 \cdot H_B}. \quad (5)$$

**Розрахунок значущості різниці порівняння середніх значень дослідних даних модельних дерев бука лісового у типах лісорослинних умов  $C_3$  та  $D_3$**

*Table 1. Calculation of the difference significance in comparison of average values of the experimental data of model European beech trees in forest site types  $C_3$  and  $D_3$*

Показник	Вік, років	Стовбур					Крона				
		діаметр, см	висота, м	об'єм, м <sup>3</sup>	маса деревини, кг	маса кори, кг	діаметр, м	довжина, м	маса гілок, кг	маса кори гілок, кг	маса листя, кг
Тип лісорослинних умов – $C_3$											
Середнє значення	49,9	20,4	17,6	0,4	274,9	15,6	5,8	9,6	72,0	4,7	13,5
Дисперсія	23,5	8,8	7,4	0,5	301,0	13,9	1,9	3,7	71,1	3,7	12,9
Варіація	47,0	43,0	42,2	116,1	109,5	89,4	33,4	38,4	98,7	77,6	95,7
Мінімальне	9,0	5,0	2,0	0,0	5,1	0,4	1,2	1,1	0,6	0,1	0,3
Максимальне	97,0	48,2	34,1	2,8	1603,2	74,1	9,4	16,8	386,5	18,8	69,1
Асиметрія	0,12	0,58	-0,16	2,90	2,62	2,01	-0,42	-0,28	2,32	1,52	2,18
Екссес	-0,80	1,14	-0,50	10,97	9,10	5,90	-0,43	-0,14	7,58	3,72	6,79
Помилка середнього	3,08	1,15	0,98	0,06	39,52	1,83	0,25	0,48	9,33	0,48	1,69
Показник точності досліджу	6,17	5,64	5,54	15,24	14,38	11,73	4,38	5,04	12,96	10,19	12,56
Кількість, шт.	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58
Тип лісорослинних умов – $D_3$											
Середнє значення	52,9	23,1	19,1	0,6	409,4	20,5	6,2	8,9	93,8	5,9	16,0
Дисперсія	27,6	11,7	8,6	0,6	414,0	18,1	2,9	4,1	88,2	4,7	14,3
Варіація	52,2	50,4	44,9	100,3	101,1	88,3	46,7	46,3	94,0	80,0	89,1
Мінімальне	8,0	3,4	2,2	0,0	4,9	0,4	0,4	1,1	0,6	0,1	0,3
Максимальне	97,0	47,6	33,8	2,4	1633,1	70,1	12,7	16,1	340,2	17,9	53,9
Асиметрія	-0,01	0,15	-0,38	1,24	1,26	0,93	0,06	-0,08	1,07	0,69	0,98
Екссес	-1,16	-0,75	-0,86	1,10	1,13	0,27	-0,60	-0,95	0,58	-0,28	0,36
Помилка середнього	3,27	1,38	1,02	0,07	49,14	2,15	0,35	0,49	10,46	0,56	1,69
Показник точності досліджу	6,20	5,98	5,33	11,90	12,00	10,47	5,54	5,49	11,16	9,49	10,58
Кількість, шт.	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71
Розраховані значення статистичних показників гомологічності рядів											
$t$	5,15	11,85	8,17	15,29	16,72	13,64	8,53	8,65	12,24	12,50	8,27
$t^*$	1,42	1,98	0,93	0,47	3,20	2,04	1,76	0,53	2,13	1,32	0,76

Апроксимацію середнього видового числа ( $F$ ) досліджуваних деревостанів здійснено на основі моделі (6). Запаси деревостанів ( $M$ ) описано моделлю (7), а абсолютні повноти ( $G$ ) – моделлю (8):

$$F = (a_1 + a_2 \cdot H) \cdot H^{a_3} + a_4 \cdot D^{a_5}, \quad (6)$$

$$M = P \cdot (a_0 + a_1 \cdot H_B) \cdot H^{a_3 - a_4 \cdot \ln(H) - a_5 \cdot \ln(H)^2}, \quad (7)$$

$$G = (a_0 + a_1 \cdot H_B + a_2 \cdot H_B^2) \cdot (1 - e^{-a_3 \cdot H_B^{a_4 \cdot A}})^{a_5 \cdot \ln(H_B) + a_6}, \quad (8)$$

Для визначення кількості дерев ростучої частини використано значення абсолютної повноти і значення площі поперечного перетину на висоті 1,3 м для середнього значення діаметра деревостану. Коефіцієнти функції динаміки таксаційних показників модальних букових деревостанів наведено у табл. 2.

Дослідний матеріал опрацьовано сучасними методами з використанням прикладних програм

MS Excel, SPSS і Statistica. Дослідні дані та їхня кількість репрезентують деревостани Українських Карпат та відповідний склад основних лісотвірних порід. Зважаючи на динамічні процеси зміни клімату, участь лісів в яких є надзвичайно важливим чинником, дослідження їхньої біологічної продуктивності є актуальним завданням (Клерас, 1986). У цьому напрямі можна виділити три основних компоненти, які є цікавими для дослідження: насамперед – це *фітомаса дерев* яка формує надземну фітомасу деревостану (Lakyda, 2002); *мортмаса* – органічна ре-

човина відмерлих дерев та *біологічна продукція* – органічна речовина, яка щорічно продукується живими деревами (Govorčin, Sinković, & Trajković, 2003; Lakyda, 2002; Štajduhar, 1973.). Компонентом, який посідає чільне місце у згаданому переліку, є надземна фітомаса деревостану (Клерас, 1986), оскільки, крім того, що вона має найвищий ступінь залежності від лісівничо-таксаційних показників деревостану, решта компонентів фактично є похідними від неї (Клерас, 1986; Sutton, & Harris, 1973; Utkin, & Vomperskii, 1988).

Таблиця 2

**Коефіцієнти функції динаміки таксаційних показників модальних букових деревостанів Полонинського хребта Українських Карпат**

**Table 2. Coefficients of the dynamics function of mensurational indexes of modal beech forests stands of the Polonynian range of the Ukrainian Carpathians**

Індекс ТЛУ	Коефіцієнт рівняння							R <sup>2</sup>
	a <sub>0</sub>	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>5</sub>	a <sub>6</sub>	
функції (3) моделей росту у висоту								
C <sub>2</sub> -C <sub>3</sub>	2,785	-0,278	0,100	–	–	–	–	0,96
D <sub>2</sub> -D <sub>3</sub>	2,538	-0,249	0,103	–	–	–	–	0,94
функції (4) динаміки відносної повноти								
C <sub>2</sub> -C <sub>3</sub>	0,311	0,249	0,423	-0,318	-3,218	-0,918	–	0,94
D <sub>2</sub> -D <sub>3</sub>	-0,483	-5,416	6,467	-0,024	-7,131	-0,083	–	0,95
функції (5) моделей росту за діаметром								
C <sub>2</sub> -C <sub>3</sub>	6,174	0,117	-0,098	0,776	0,117	-1,39	1,125	0,95
D <sub>2</sub> -D <sub>3</sub>	-0,187	0,009	-0,094	-0,002	79,253	-1,39	1,125	0,94
функції (6) динаміки видових чисел								
C <sub>2</sub> -C <sub>3</sub>	0,456	-13,84	-50,22	0,819	-0,181	–	–	0,91
D <sub>2</sub> -D <sub>3</sub>	0,456	-13,84	-50,22	0,819	-0,181	–	–	0,91
функції (7) динаміки загального запасу								
C <sub>2</sub> -C <sub>3</sub>	0,253	1,167	0,069	2,157	0,121	0,057	–	0,94
D <sub>2</sub> -D <sub>3</sub>	0,148	-0,136	0,065	3,487	-0,353	0,011	–	0,95
функції (8) динаміки абсолютної повноти								
C <sub>2</sub> -C <sub>3</sub>	-59,62	5,086	-0,071	0,129	-0,226	-1,927	8,901	0,94
D <sub>2</sub> -D <sub>3</sub>	-21,13	1,596	-0,008	0,953	-0,551	-10,44	43,424	0,95

У цьому дослідженні, яке продовжує дослідження особливостей надземної фітомаси деревостанів *Fagus sylvatica* на основі вже раніше здійснених аналізів та узагальнень (Гриник, Задорожний, 2017; Гриник, Задорожний, 2018; Задорожний, 2015) розглянемо особливості формування структурних компонентів надземної фітомаси та здійснимо їхню формалізацію на основі регресійного аналізу з урахуванням типів лісорослинних умов. Для цього, зважаючи на досвід попередніх дослідників, використовуємо метод багатомірної математичної статистики, який найчастіше застосовують у практиці біометричних досліджень.

Значення показників фітомаси розраховано на основі щільності відповідних її фракцій в абсолютно сухому стані у [т×га<sup>-1</sup>]. Таксаційні ознаки, використано як вхідні параметри моделі, визначені на основі кореляційного аналізу.

Отримані математичні моделі мають такий вигляд (Гриник, Задорожний, 2018):

– для типу лісорослинних умов C<sub>3</sub>:

$$phm_{0,cm} = -38,8285 + 16,8147 \cdot D^{0,2987} \cdot H^{0,6345} \cdot П^{0,6111}, R_2 = 0,85; \quad (9)$$

$$phm_{к,cm} = -4,8536 + 3,9300 \cdot D^{0,0601} \cdot H^{0,4696} \cdot П^{0,6859}, R^2 = 0,81; \quad (10)$$

$$phm_{0,z} = -14,9872 + 9,9573 \cdot D^{0,1680} \cdot H^{0,5282} \cdot П^{0,7579}, R^2 = 0,84; \quad (11)$$

$$phm_{к.з.} = -1,3222 + 1,3220 \cdot D^{-0,0199} \cdot H^{0,4736} \cdot П^{0,8370}, R^2 = 0,85; (12)$$

$$phm_{л.} = -2,9127 + 2,0755 \cdot D^{0,0934} \cdot H^{0,5728} \cdot П^{0,7494}, R^2 = 0,84; (13)$$

де:  $phm_{д.см.}$  – фітомаса деревини стовбурів букових деревостанів;  $phm_{к.см.}$  – фітомаса кори стовбура;  $phm_{д.з.}$  – фітомаса гілок;  $phm_{к.з.к.}$  – фітомаса кори гілок;  $phm_{листя}$  – фітомаса листя;  $D$  – середній діаметр стовбура, см;  $H$  – середня висота стовбура, м;  $П$  – відносна повнота.

– для типу лісорослинних умов  $D_3$  (Hrynyk, & Zadorozhnyy, 2018):

$$phm_{д.см.} = -38,8647 + 16,7358 \cdot D^{0,2991} \cdot H^{0,6338} \cdot П^{0,6254}, R^2 = 0,83; (14)$$

$$phm_{к.см.} = -4,8541 + 3,8796 \cdot D^{0,0598} \cdot H^{0,4668} \cdot П^{0,6861}, R^2 = 0,84; (15)$$

$$phm_{д.з.} = -15,5320 + 10,1573 \cdot D^{0,1521} \cdot H^{0,5047} \cdot П^{0,6323}, R^2 = 0,88; (16)$$

$$phm_{к.з.} = -1,3158 + 1,3121 \cdot D^{0,0190} \cdot H^{0,4692} \cdot П^{0,8322}, R^2 = 0,85; (17)$$

$$phm_{л.} = -2,7209 + 2,0001 \cdot D^{0,0935} \cdot H^{0,5735} \cdot П^{0,7856}, R^2 = 0,91. (18)$$

Зважаючи на високі значення показника регресії для різних компонентів надземної фітомаси деревостанів (0,81-0,91), отримані рівняння можна використовувати для моделювання їхньої динаміки залежно від вибраних таксаційних показників. Результати табулювання значень компонентів надземної фітомаси деревостанів бука лісового залежно від середніх значень висоти й діаметра стовбура та відносної повноти, які визначено для відповідного віку деревостанів у досліджуваних типах лісорослинних умов, наведено у табл. 3 та відображено на рис. 1 та 2, а відсоткові значення відповідних компонентів біопродуктивності – на рис. 3 та 4.

Таблиця 3

**Надземна стовбурова фітомаса букових деревостанів (відносна повнота 0,7)**

**Table 3. The absolutely dry above-ground phytomass components of beech forest stands (relative density 0.7)**

Вік, роки	Висота, м	Діаметр, см	Кількість дерев, шт.×га <sup>-1</sup>	Сума площ перетину, м <sup>2</sup> ×га <sup>-1</sup>	Запас, м <sup>3</sup> ×га <sup>-1</sup>	Фітомаса, т×га <sup>-1</sup>							
						стовбур	кора стовбура	гілки	кора гілок	листя	загальна	стовбур в корі	гілки в корі
Тип лісорослинних умов – $C_3$													
10	3,9	3,9	2794	3,3	9	9,1	1,4	4,5	0,6	1,0	16,6	10,6	5,1
20	7,8	8,0	2272	11,4	52	52,7	4,2	16,5	1,3	3,3	78,0	56,9	17,8
30	11,5	11,7	1622	17,3	107	92,8	6,3	26,3	1,9	5,1	132,5	99,1	28,2
40	15,0	15,1	1159	20,8	159	129,3	7,9	34,6	2,4	6,6	180,9	137,3	37,0
50	17,9	18,3	887	23,2	202	159,8	9,2	41,1	2,7	7,8	220,7	169,0	43,8
60	20,3	20,6	748	25,0	242	185,0	10,2	46,4	3,0	8,8	253,4	195,2	49,3
70	22,7	22,8	643	26,3	278	208,7	11,1	51,2	3,2	9,7	283,9	219,8	54,4
80	24,9	25,0	556	27,3	311	231,0	11,9	55,6	3,4	10,5	312,3	242,8	59,0
90	26,5	27,0	494	28,3	338	248,4	12,5	58,9	3,6	11,1	334,4	260,9	62,5
100	27,9	28,9	438	28,8	357	263,6	12,9	61,7	3,7	11,6	353,5	276,5	65,4
Тип лісорослинних умов – $D_3$													
10	4,6	4,6	2047	3,4	11	16,6	1,9	6,5	0,7	1,5	27,2	18,5	7,2
20	8,3	8,8	1924	11,8	57	59,3	4,4	17,3	1,4	3,5	85,9	63,7	18,7
30	12,2	12,8	1390	17,9	117	101,1	6,5	26,6	2,0	5,3	141,5	107,6	28,6
40	15,9	16,3	1025	21,5	173	139,2	8,2	34,5	2,4	6,9	191,3	147,4	37,0
50	19,4	19,9	767	23,9	226	175,4	9,6	41,5	2,8	8,2	237,5	185,0	44,3
60	22,3	22,9	625	25,7	273	205,5	10,8	47,0	3,1	9,3	275,7	216,3	50,1
70	24,9	25,3	538	27,1	313	230,9	11,7	51,6	3,4	10,2	307,7	242,5	54,9
80	26,5	27,5	475	28,2	342	249,4	12,3	54,7	3,5	10,8	330,6	261,6	58,2
90	28,0	29,2	433	29,0	366	264,8	12,8	57,3	3,6	11,3	349,7	277,5	60,9
100	29,3	30,7	400	29,6	385	278,0	13,2	59,5	3,8	11,7	366,1	291,2	63,2

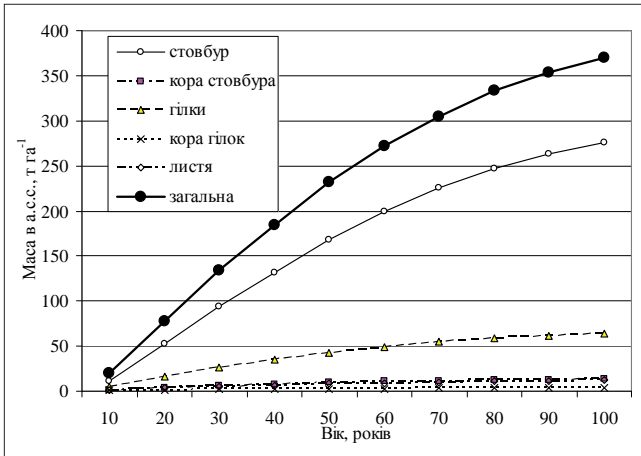


Рис. 1. Вікова динаміка компонентів надземної фітомаси букових деревостанів у типі лісорослинних умов  $C_3$  (відносна повнота 0,7)

Fig. 1. Age dynamics of absolutely dry above-ground phytomass components of beech forest stands in forest site  $C_3$  (relative density 0.7)

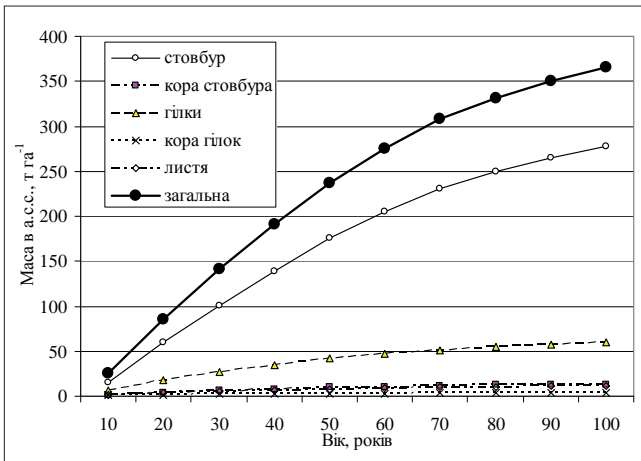


Рис. 2. Вікова динаміка компонентів надземної фітомаси букових деревостанів у типі лісорослинних умов  $D_3$  (відносна повнота 0,7)

Fig. 2. Age dynamics of absolutely dry above-ground phytomass components of beech forest stands in forest site type  $D_3$  (relative density 0.7)

Використовуючи відповідні залежності від середнього діаметра та висоти стовбурів і відносної повноти деревостанів, для встановлення біопродуктивності змодельовано значення окремих компонентів надземної фітомаси деревостанів *Fagus sylvatica*, а саме: фітомаси стовбура, кори стовбура, гілок, кори гілок та листя. Значення фітомаси стовбура у корі, гілок у корі та загальної фітомаси отримано додаванням значень відповідних компонентів. Для аналізу обрано деревостани з домінуванням бука лісового у досліджуваних типах лісорослинних умов I класу бонітету з відносною повнотою 0,70. Такі деревостани належать до модальних деревостанів – тобто до найпоширеніших. За результатами аналізу рис. 1-4 встановлено, що існує різниця у значеннях окремих компонентів фіто-

си. Також виявлено різницю у значеннях середніх таксаційних показників у досліджуваних типах лісорослинних умов. Зокрема значення середньої висоти для деревостанів у ТЛУ  $C_3$  від 10 до 100 років зростає від 4,1 до 28,7 м, у  $D_3$  – від 4,4 до 29,3 м; середнього діаметра – від 4,2 до 30,3 см та від 4,6 до 30,7 см відповідно. Кількість дерев у ТЛУ  $C_3$  зменшується від 5640 до 408 шт.×га<sup>-1</sup>, а у ТЛУ  $D_3$  – від 4836 до 409 шт.×га<sup>-1</sup>, сума площ перетину зростає від 7,8 до 29,4 м<sup>2</sup>×га<sup>-1</sup> та від 8,0 до 30,2 м<sup>2</sup>×га<sup>-1</sup> відповідно. Значення запасу також зростає від 7,8 до 379,9 м<sup>3</sup>×га<sup>-1</sup> у ТЛУ  $C_3$  та від 8,0 до 387,6 м<sup>3</sup>×га<sup>-1</sup> – у ТЛУ  $D_3$ . Разом з тим, фітомаса стовбура в ТЛУ  $C_3$  зростає від 11,7 до 276,2 т×га<sup>-1</sup>, у ТЛУ  $D_3$  – від 15,2 до 278,0 т×га<sup>-1</sup>; фітомаса кори стовбура – від 1,6 до 13,4 т×га<sup>-1</sup> та від 1,8 до 13,2 т×га<sup>-1</sup> відповідно; фітомаса гілок – від 5,3 до 64,4 т×га<sup>-1</sup> та від 6,1 до 59,5 т×га<sup>-1</sup>; фітомаса кори гілок – від 0,6 до 3,8 т×га<sup>-1</sup> та від 0,7 до 3,8 т×га<sup>-1</sup>; фітомаса стовбура в корі – від 13,3 до 289,7 т×га<sup>-1</sup> та від 17,0 до 291,2 т×га<sup>-1</sup>; гілок в корі – від 5,9 до 68,2 т×га<sup>-1</sup> та від 6,8 до 63,2 т×га<sup>-1</sup>. Загальна біопродуктивність дерев у досліджуваних деревостанах зростає від 20,4 до 369,9 т×га<sup>-1</sup> та від 25,1 до 366,1 т×га<sup>-1</sup> відповідно.

Отже встановлено, що модальні букові деревостани у віці від 10 до 100 років у властивих їм типах лісу в ТЛУ  $D_3$  незначно переважають подібні в ТЛУ  $C_3$  за такими таксаційними показниками, як середня висота (від 8,4 до 1,7%), середній діаметр (від 12,9 до 1,3%), сума площ поперечного перетину (від 2,81 до 2,73%), загальний запас деревини (від 1,01 до 1,17%). Кількість дерев на одиницю площі має зворотню тенденцію і є більшою в ТЛУ  $C_3$  (від 19,4 до 0,3%). Щодо компонентів надземної фітомаси дерев, яку використано для встановлення біопродуктивності деревостану, то в ТЛУ  $D_3$  вищі значення притаманні фітомасі стовбура (від 17,4 до 0,4%) та фітомасі стовбура у корі (від 16,3 до 0,6%).

Для решти компонентів фітомаси простежено дещо іншу тенденцію: фітомаса кори стовбура в ТЛУ  $D_3$  до віку 30 років є вищою на 4,4-12,3%, а у віці 31-100 років вищі значення притаманні деревостанам у ТЛУ  $C_3$ , де їхні значення переважають аналогічні на 2,2-7,6%. Кора гілок має подібну тенденцію, і до віку 70 років вищі значення на 0,2-9,2% спостережено у ТЛУ  $D_3$ , а від 71 до 100 років (на 0,3-1,9%) – у ТЛУ  $C_3$ . Фітомаса листя також до 60 років є вищою на 0,5-18,9% у ТЛУ  $D_3$ , а у віці 61-100 років вищі значення спостережено у ТЛУ  $C_3$  – на 0,4-2,8%. Сумарні значення фітомаси гілок у корі в ТЛУ  $D_3$  у віці 1-20 років є вищими на 4,2-14,2%, а від 21 до 100 років вищі значення (на 2,0-7,3%) виявлено у ТЛУ  $C_3$ .

Аналізуючи дані табл. 4, встановлено, що надземна стовбурова фітомаса молодняків загалом становить 1087426 т або 4,4%, середньовікових деревостанів – 12600837 т (51,2%), пристиглих – 2825636 т (11,5%), стиглих – 4673751 т (19,1%) та перестиглих – 3405124 т (13,8%).



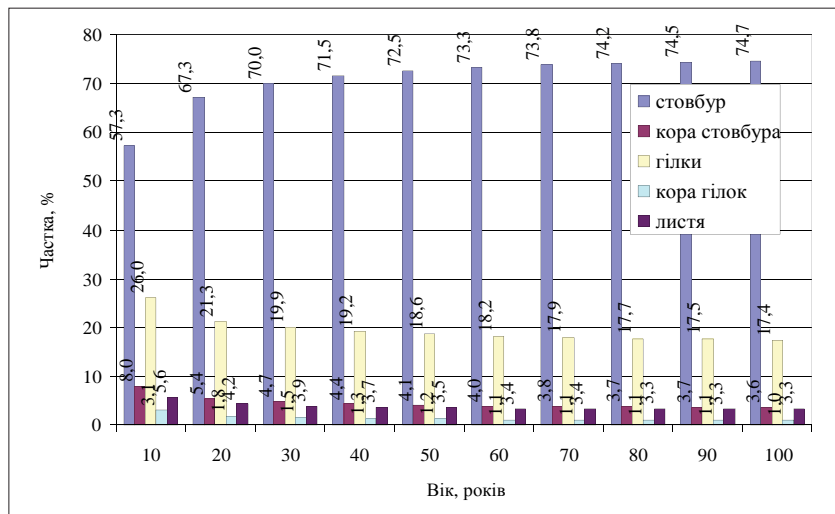


Рис. 3. Вікова динаміка частки компонентів надземної фітомаси букових деревостанів у типі лісорослинних умов C<sub>3</sub> (відносна повнота 0,7)

Fig. 3. Age dynamics of absolutely dry above-ground phytomass components share of beech forest stands in forest site type C<sub>3</sub> (relative density 0.7)

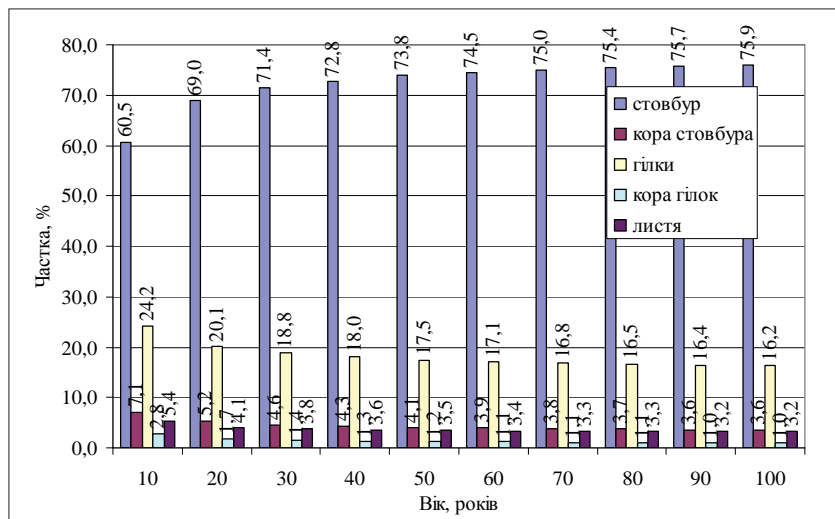


Рис. 4. Вікова динаміка частки компонентів надземної фітомаси букових деревостанів у типі лісорослинних умов D<sub>3</sub> (відносна повнота 0,7)

Fig. 4. Age dynamics of absolutely dry above-ground phytomass components share of beech forest stands in forest site type D<sub>3</sub> (relative density 0.7)

Таблиця 4

Динаміка біопродуктивності букових деревостанів  
Table 4. Beech forest stands bioproductivity dynamics

Групи віку	Площа, га	Стовбура біопродуктивність, т							
		стовбур	кора стовбура	гілки	кора гілок	листя	загальна	стовбур в корі	гілки в корі
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Молодняки I групи	4226	235918	18293	71537	5895	14356	345999	254211	77432
Молодняки II групи	5382	524488	34606	143521	10589	28223	741428	559094	154110
Середньовікові	46027	9314067	494652	2219592	143763	428763	12600837	9808719	2363356

Продовж. табл. 4  
Continuation of Table 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Пристиглі	8513	2113839	105191	483463	30197	92947	2825636	2219030	513659
Стигли	13205	3480797	171709	818833	49092	153320	4673751	3652506	867925
Перестиглі	9253	2564322	122972	572945	35066	109819	3405124	2687294	608011
Всього	86605	18233432	947422	4309891	274602	827428	24592775	19180854	4584493
Частка, %	–	74,1	3,9	17,5	1,1	3,4	100,0	78,0	18,6

Таблиця 5

**Динаміка частки стовбурової біопродуктивності букових деревостанів**  
**Table 5. Dynamics of the share of stem bioproductivity of beech forest stands**

Групи віку	Стовбура біопродуктивність, %						
	стовбур	кора стовбура	гілки	кора гілок	листя	стовбур в корі	гілки в корі
Молодняки I групи	68,2	5,3	20,7	1,7	4,1	73,5	22,4
Молодняки II групи	70,7	4,7	19,4	1,4	3,8	75,4	20,8
Середньовікові	73,9	3,9	17,6	1,1	3,4	77,8	18,8
Пристиглі	74,8	3,7	17,1	1,1	3,3	78,5	18,2
Стигли	74,5	3,7	17,5	1,1	3,2	78,2	18,6
Перестиглі	75,3	3,6	16,8	1,0	3,2	78,9	17,9

Аналізуючи динаміку частки стовбурової біопродуктивності (табл. 5) встановлено, що частка фітомаси стовбура зростає від 68,2 до 75,3%, тоді як кори стовбура, навпаки, зменшується від 5,3 до 3,6%, гілок – від 20,7 до 16,8%, кори гілок – від 1,7 до 1,0%.

**Висновки (Conclusions).** Загальна біопродуктивність букових деревостанів у досліджуваних типах лісорослинних умов має близькі значення, але істотно відрізняється значеннями та структурою компонентів надземної фітомаси стовбурів деревостану. Загальна біопродуктивність вища у ТЛУ  $D_3$  у віці від 10 до 70 років (від 0,5 до 11,3%), після чого, починаючи з 81-річного віку, вищі значення притаманні модальним деревостанам у ТЛУ  $C_3$  (від 0,8 до 1,2%).

Загальна надземна стовбура фітомаса букових деревостанів на досліджуваній території становить 24 592 775 т, зокрема найбільшу частку становлять середньовікові деревостани – 51,2%. Зважаючи на нерівномірний розподіл площ деревостанів за групами віку, зі зростанням віку деревостану збільшується їхня відносна частка у загальній біопродуктивності. Найбільшу частку у загальній біопродуктивності надземної частини дерева становить фітомаса стовбура (74,1%), потім – гілок (17,5%), кори стовбура (3,9%), листя (3,4%) та кори гілок (1,1%).

Найбільшу частку у структурі загальної біопродуктивності букових деревостанів становить фітомаса стовбура. У розрізі вікових груп вона зі збільшенням віку деревостану зростає. Так само збільшується

значення частки стовбура у корі – від 73,5 до 78,9%. Частка гілок у корі з віком навпаки, зменшується – від 22,4 до 17,9%.

### Список літератури (References)

- Гриник, Г.Г. (2014). Статистичне обґрунтування особливостей виділення екс-позиційно-орографічних груп букових деревостанів Українських Карпат. *Науковий вісник НЛТУ України*, 24 (9), 26-320. [Hrynyk, H. H. (2014). Statistical substantiation of the peculiarities of identifying expositional-oro-graphic groups of beech forest stands in the Ukrainian Carpathians. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 24 (11), 26-32. Retrieved from [https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2014/24\\_9/7.pdf](https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2014/24_9/7.pdf)] (in Ukrainian)
- Гриник, Г.Г. (2015). Динаміка основних таксаційних показників модальних букових деревостанів різних експозиційно-орографічних груп Українських Карпат. *Науковий вісник НЛТУ України*, 25 (4), 8-16. [Hrynyk, H. H. (2015). Dynamics of mensurational indexes of beech forests stands of different exposition-oro-graphic groups of the Ukrainian Carpathians. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 25 (4), 8-16. Retrieved from <https://nv.nltu.edu.ua/index.php/journal/article/view/1236>] (in Ukrainian)
- Гриник, Г.Г., Задорожний, А.І. (2018). Динаміка залежності надземної фітомаси букових деревостанів від їхніх таксаційних показників у

- переважаючих типах лісорослинних умов Полонинського хребта Українських Карпат. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 17, 93-104. [Hrynyuk, H. H., & Zadorozhnyu, A. I. (2018). Dynamics of dependence of the above-ground phytomass of beech stands on their mensurational indexes in the prevailing types of forest growth conditions of the Polonynian Range of the Ukrainian Carpathians. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 17, 93-104. <https://doi.org/10.15421/411824>] (in Ukrainian)
- Гриник, Г.Г., Задорожний, А.І. (2017). Моделі компонентів надземної фітомаси дерев бука лісового залежно від їхніх таксаційних показників у переважаючих типах лісорослинних умов Полонинського хребта Українських Карпат. *Науковий вісник НЛТУ України*, 27 (10), 16-25. [Hrynyuk, H. H., & Zadorozhnyu, A. I. (2017). Some Mathematical Models of Components of Above-ground Phytomass of Beech Trees Depending on Their Mensurational Indexes in the Prevailing Forest Vegetation Types of the Polonynian Range of the Ukrainian Carpathians. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 27 (10), 16-25. <https://doi.org/10.15421/40271002>] (in Ukrainian)
- Задоржний, А.І. (2015). Динаміка щільності фітомаси стовбурів дерев бука лісового залежно від типів лісорослинних умов у межах Полонинського хребта Українських Карпат. *Науковий вісник НЛТУ України*, 25 (10), 125-134. [Zadorozhnyu, A. (2015). The Dynamics of Phytomass Density of Beech Tree Trunks Depending Upon Site Conditions Within the Polonynian Range of the Ukrainian Carpathians. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 25 (10), 125-134. <https://doi.org/10.15421/40251019>] (in Ukrainian)
- Лакин, Г.Ф. (1980). *Биометрия*. Москва: Высшая школа [Lakin, G.F. (1980). *Biometrics*. Moscow: High school] (in Russian)
- Лакида, П.І. (2002). *Фітомаса лісів України*. Тернопіль: Збруч [Lakyda, P.I. (2002). *Phytomass of Ukrainian Forests*. Ternopil: Zbruch] (in Ukrainian)
- Лакида, П.І., Василишин, Р.Д., Лашенко, А.Г., Теретньєв, А.Ю. (2011). *Нормативи оцінки компонентів надземної фітомаси дерев головних лісотвірних порід України*. Київ: Видавничий дім «ЕКО-інформ» [Lakyda, P.I., Vasylyshyn, R.D., Lashchenko, A. H., & Terentiev, A. Yu. (2011). *Normative assessment of components of aboveground phytomass of trees of the main forest-forming species of Ukraine* Kyiv: Publishing house "Eko-inform"] (in Ukrainian)
- Миклуш, С.І. (2011). Рівнинні букові ліси України: продуктивність та організація сталого господарства. Львів: ЗУКЦ [Myklush, S.I. (2011). *Plain beech forests of Ukraine: productivity and organization of sustainable development*. Lviv: ZUKTs] (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 since May 1, 2007. Kyiv: Ministry of Agrarian Policy of Ukraine] (in Ukrainian)
- Полубояринов, О.И. (1976). *Плотность древесины*. Москва: Лесная промышленность [Poluboiarinov, O. I. (1976). *Wood density*. Moscow: Forest industry] (in Russian)
- Швиденко, А.З. (1981). О моделировании нормативов динамики производительности горных древостоев. *Лесной журнал*, 3, 40-42. [Shvidenko, A.Z. (1981). About modeling of normative dynamics of productivity of mountain forests. *Forest journal*, 3, 40-42] (in Russian)
- Уткин, А.И., Вомперский, С.Э. *Анализ продукционной структуры древостоев*. Москва: Наука [Utkin, A. I., & Vomperskii, S. E. (1988). *Analysis of the productive structure of forests stands*. Moscow: Science] (in Russian)
- Уткин, А.И. (1975). Биологическая продуктивность лесов (методы изучения и результаты). *Лесоведение и лесоводство: результаты науки и техники*, 1, 9-189. [Utkin, A. I. (1975). Biological production of forests (methods of learning and results). *Forest science and forestry: the results of science and technologies*, 1, 9-189] (in Russian)
- Уткин, А.И. (1982). Методы исследования первичной продуктивности лесов. *Биологическая продуктивность лесов Поволжья*, 5, 59-72. [Utkin, A. I. (1982). Methods of studying primary biological productivity of forests. *Biological productivity of Povolzhia forests*, 5, 59-72] (in Russian)
- Barrios, A., Trincado, G., & Watt M. S. (2017). Wood Properties of Juvenile and Mature Wood of *Pinus radiata* D. Don Trees Growing on Contrasting Sites in Chile. *Forest Science*, 63 (2), 184-191. <https://doi.org/10.5849/forsci.2016-060>
- Carson, S.D., Cown, D.J., McKinley, R.B., & Moore, J.R. (2014). Effects of site, silviculture and seedlot on wood density and estimated wood stiffness in radiata pine at mid-rotation. *NEW Zealand Journal of Forestry Science*, 44, 26-48. <https://doi.org/10.1186/s40490-014-0026-3>
- Gerendian, A.Z., Peltola, H., Pulkkinen, P., Jaatinen, R., Pappinen, A., & Kellomäki, S. (2000). Differences in growth and wood property traits in cloned Norway spruce (*Picea abies*). *Canadian Journal of Forest Research*, 37 (12), 2600-2611. <https://doi.org/10.1139/X07-113>
- Gillespie, A.J. (1989). Linear regression models for biomass table construction using cluster samples. *Canadian Journal of Forest Research*, 19 (5), 664-673. <https://doi.org/10.1139/x89-103>
- Govorčin, S., Sinković, T., & Trajković, J. (2003). Some physical and mechanical properties of beech wood grown in Croatia. *Wood Research Bratislava*, 48 (3), 39-52
- Harmon, M.E., Franklin, J.F., Swanson, F.J., Solins P., Gregory, S.V., Lattin, J.D. ... Cummins, K. W. (1986). Ecology of Coarse Woody Debris in Temperate Ecosystems. *Advance in Ecological*

- Research*, 15, 133–302. [https://doi.org/10.1016/S0065-2504\(08\)60121-X](https://doi.org/10.1016/S0065-2504(08)60121-X)
- Harmon, M. E., Franklin, J. F., Swanson, F. J., Sollins P., Gregory, S. V., Lattin, J. D. ... Cummins, K. W. (2004). Ecology of Coarse Woody Debris in Temperate Ecosystems. *Advances in Ecological Research*, 34, 59–234. [https://doi.org/10.1016/s0065-2504\(03\)34002-4](https://doi.org/10.1016/s0065-2504(03)34002-4)
- Horvat, I. (1959). *Osnovne fizičke i mehaničke karakteristike bukovine s područja Žumberka, Petrove Gore, Senjskog bila i Velebita*. Zagreb, 1-94 pp. [Horvat, I. (1959). *Basic physical and mechanical characteristics of beech from the area of Žumberak, Petrova Gora, Senjski bila and Velebit*. Zagreb, pp. 1-94] (in Croatian)
- Horvat, I. (1966). *Izveštaj o ispitivanju nekih fizičko-mehaničkih svojstava bukovine s područja šumarija Virovitica, Nebljusi i Perušić*: manuskripts. Zagreb. 58 p. [Horvat, I. (1966). *Report on the examination of some physical and mechanical properties of beech from the area of forestry Virovitica, Nebljusi and Perušić*: manuscripts. Zagreb] (in Croatian)
- Horvat, I. (1969). Osnovne fizičke i mehaničke karakteristike bukovine. *Drvna industrija*, 20 (11-12), 183-194. [Horvat, I. (1969). Basic physical and mechanical characteristics of beech. *Drvna industrija*, 20 (11-12), 183-194] (in Croatian)
- Klepac, D. (1986). Uvodni referat na simpoziju o bukvi. Kolokvij o bukvi. Velika-Zagreb. Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet. Zagreb. 11-15 pp. [Klepac, D. (1986). Introductory paper at the symposium on beech. Colloquium on beech (pp. 11-15). Velika-Zagreb: University of Zagreb, Faculty of Forestry] (in Croatian)
- Louzada, J.L. (2000). Variação fenotípica e genética em características estruturais na madeira de *Pinus pinaster* Ait. O comprimento das fibras e a densidade até aos 80 anos de idade das árvores. Parâmetros genéticos na evolução juvenil – adulto das componentes da densidade da madeira. *Didactic, Applied Science Series*, No 143, UTAD, Vila Real, Portugal [Louzada, J.L. (2000). Phenotypic and genetic variation in structural features in *Pinus pinaster* Ait wood. The fiber length and density to 80 years of a tree's age. Genetic parameters in juvenile-mature evolution of wood density components. *Didactic, Applied Science Series*, 143, UTAD, Vila Real, Portugal] (in Portugal)
- Maclaren, J. P., Grace J. C., Kimberley, M. O., Knowles, R. L., & West, G. G. (1995). Height growth of *P. radiata* as affected by stocking. *NEW Zealand Journal of Forestry Science*. 25 (1), 73-90. Retrieved from <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.727.7223&rep=rep1&type=pdf>
- Petrić, B., & Šćukanec, V. (1980). Neke strukturne karakteristike domaće bukovine (*Fagus sylvatica* L.). *Drvna industrija*, 31 (9-10), 245-246. [Petrić, B., & Šćukanec, V. (1980). Some structural characteristics of domestic beech (*Fagus sylvatica* L.). *Drvna industrija*, 31 (9-10), 245-246] (in Croatian)
- Pretzsch, H., Biber, P., Schütze, G., Kemmerer, J., & Uhl, E. (2018). Wood density reduced while wood volume growth accelerated in Central European forests since 1870. *Forest Ecology and Management*, 429(1), 589-616. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.07.045>
- Štajduhar, F. (1973). Prilog istraživanja fizičko-mehaničkih svojstava bukovine u Hrvatskoj. *Drvna industrija*, 24 (3-4), 43-59. [Štajduhar, F. (1973). Contribution to the research of physical and mechanical properties of beech in Croatia. *Drvna industrija*, 24 (3-4), 43-59] (in Croatian)
- Sutton, W. R., & Harris, J. M. (1973). Effects of heavy thinning on wood density in radiata pine. *NEW Zealand Journal of Forestry Science*, 4, 112-115.
- Watt, M. S., Moore, J. R., Facon, J. P., Downes, G. M., Clinton, P. W., Coker, G., ..., Bown, H. E. (2006). Modelling the influence of stand structural, edaphic and climatic influences on juvenile *P. radiata* dynamic modulus of elasticity. *Forest Ecology and Management* 229, 136-144. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2006.03.016>
- Zobel, B. J., & Talbert, J. (1984). *Applied Forest tree improvement*. New York: John Wiley & Sons

### The stem bioproductivity of beech stands of the Polonynian Range of the Ukrainian Carpathians

H. Hrynyk<sup>1</sup>, A. Zadorozhnyy<sup>2</sup>,  
O. Hrynyk<sup>3</sup>

To study the stem bioproductivity, the components of the aboveground phytomass of trees and stands of European beech growing on the territory of the Polonynian Range of the Ukrainian Carpathians, experimental data collected during field work during the period of 2006-2017 were used according to the method of prof. P. Lakida. Using the appropriate dependences on the average diameter and height of trunks and the relative density of stands to determine bioproductivity, the values of the following components

<sup>1</sup> Heorhiy H. Hrynyk – Full Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Professor at the Department of Forest Inventory and Forest Management, Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. E-mail: h.hrynyk@ntu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7417-5047>, ResearcherID: Q-8126-2017

<sup>2</sup> Andriy I. Zadorozhnyy – PhD in Agricultural Science, Senior Teacher at the Department of Forestry. Uzhhorod national university, 14 University st., Uzhhorod, Transcarpathian region, Ukraine, 88000. E-mail: andriy.zadorozhnyy@uzhnu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0664-5462>

<sup>3</sup> Olena M. Hrynyk – PhD in Agricultural Science, Associate Professor at the Department of Botany, Wood Science and Non-Wood Forest Products. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. E-mail: o.hrynyk@ntu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2710-6118>. ResearcherID: Q-8111-2017

of aboveground phytomass of European beech stands were simulated, namely: the phytomass of trunk, trunk bark, branches, branch bark and leaves. The values of the phytomass of the trunk in the bark, branches in the bark and the total phytomass were obtained by adding the values of the corresponding components of the phytomass. It is established that there is a difference in the values of individual components of phytomass. There were also differences in the values of the average mensurational indexes in the studied forest site types (FST), in particular: the value of the average height for stands in FST  $C_3$  from the age of 10 to 100 years increases from 4.1 to 28.7 m, and in FST  $D_3$  – from 4.4 to 29.3 m, average diameter – from 4.2 to 30.3 cm and from 4.6 to 30.7 cm, respectively. The number of trees in FST  $C_3$  decreases from 5,640 to 408 pcs. $\times$ ha<sup>-1</sup> and in FST  $D_3$  – from 4,836 to 409 pcs. $\times$ ha<sup>-1</sup>, the sum of cross-sectional areas increases from 7.8 to 29.4 m<sup>2</sup> $\times$ ha<sup>-1</sup> and from 8.0 to 30.2 m<sup>2</sup> $\times$ ha<sup>-1</sup>, respectively. The value of the growing stock also increases from 7.8 to 379.9 m<sup>3</sup> $\times$ ha<sup>-1</sup> in FST  $C_3$  and from 8.0 to 387.6 m<sup>3</sup> $\times$ ha<sup>-1</sup> and in FST  $D_3$ . However, the phytomass of the trunk in TSC  $C_3$  increases from 11.7 to 276.2 t $\times$ ha<sup>-1</sup>, and in FST  $D_3$  – from 15.2 to 278.0 t $\times$ ha<sup>-1</sup>, the phytomass of the trunk bark – from 1.6 to 13.4 t $\times$ ha<sup>-1</sup> and from 1.8 to 13.2 t $\times$ ha<sup>-1</sup>, respectively, phytomass of branches – from 5.3 to 64.4 t $\times$ ha<sup>-1</sup> and from 6.1 to 59.5 t $\times$ ha<sup>-1</sup>, respectively, the phytomass of the bark of the branches – from 0.6 to 3.8 t $\times$ ha<sup>-1</sup> and from 0.7 to 3.8 t $\times$ ha<sup>-1</sup>, respectively, the phytomass of the trunk in the bark – from 13.3 up to 289.7 t $\times$ ha<sup>-1</sup> and from 17.0 to 291.2 t $\times$ ha<sup>-1</sup>, respectively, branches in the bark – from 5.9 to 68.2 t $\times$ ha<sup>-1</sup> and from 6.8 to 63.2 t $\times$ ha<sup>-1</sup>, respectively, and the total bioproductivity of trees in the studied stands increases from 20.4 to 369.9 t $\times$ ha<sup>-1</sup> and from 25.1 to 366.1 t $\times$ ha<sup>-1</sup>, respectively. Modal beech stands in their inherent forest types in FST  $D_3$

slightly prevail similar ones in FST  $C_3$  in the following mensurational indexes of stands: average height (from 8.4 to 1.7% from the age of 10 to 100 years), average diameter (from 12.9 up to 1.3%), the sum of cross-sectional areas (from 2.81 to 2.73%), the growing stock of stands (from 1.01 to 1.17%). For FST  $D_3$  higher values are inherent in the phytomass of the trunk (from 17.4 to 0.4%) and phytomass of the trunk in the bark (from 16.3 to 0.6%).

The trunk bark phytomass is higher in FST  $D_3$  up to the age of 30 years by 4.4-12.3%, and at an age of 31-100 years higher values are inherent in forest stands in FST  $C_3$ , where their values predominate similar ones by 2.2-7.6%. The bark of the branches has a similar tendency and up to the age of 70 years FST  $D_3$  has higher values by 0.2-9.2%, and from the age of 71 to 100 years FST  $C_3$  has higher values by 0.3-1.9%. Phytomass of leaves is also higher by 0.5-18.9% in FST  $D_3$  up to the age of 60 years, and at the age of 61-100 years it has higher values by 0.4-2.8% in FST  $C_3$ . The total values of phytomass of branches in the bark in FST  $D_3$  are higher by 4-2-14.2% at an age of 1-20 years, and from 21 to 100 years higher values by 2.0-7.3% were found in FST  $C_3$ . It is found that the above-ground trunk phytomass of young stands in general makes 1,087,426 t or 4.4%, middle-aged stands – 12,600,837 t (51.2%), maturing ones – 2,825,636 t (11.5%), mature ones – 4,673,751 t (19.0%) and overmature ones – 3,405,124 t (13.8%). Analyzing the dynamics of the share of stem bioproductivity, it was found that the share of phytomass of the trunk increases from 38.2 to 75.3%, the bark of the trunk, on the contrary, decreases from 45.3 to 3.6%, branches – from 20.7 to 16.8%, bark of branches – from 1.7 to 1.0%.

**Key words:** above-ground phytomass; tree trunk; forest site type; *Fagus sylvatica* L.; phytomass components; mensurational indexes.



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

<http://fasu.nltu.edu.ua>  
<https://doi.org/10.15421/412132>  
Article received 2021.09.07  
Article accepted 2021.12.29

ISSN 1991-606X print  
ISSN 2616-5015 online  
@ ✉ Correspondence author  
Volodymyr P. Pasternak  
[pasternak65@ukr.net](mailto:pasternak65@ukr.net)  
86 Pushkinska st., Kharkiv, 61024, Ukraine

УДК 630\*5:582.632.2

## Структура соснових деревостанів Придонецького Степу України

В.П. Пастернак<sup>1</sup>, О.Б. Приходько<sup>2</sup>, О.А. Гірс<sup>3</sup>

Здійснено аналіз поширення *Pinus sylvestris* L. у лісовому фонді регіону дослідження та встановлено лісівничо-таксаційні показники соснових деревостанів. Характеристику соснових деревостанів базових підприємств здійснено за типами лісу, повнотою та продуктивністю. Розглянуто таксаційну будову соснових деревостанів, проаналізовано розподіл дерев *Pinus sylvestris* за діаметром і класами Крафта. За результатами кореляційного аналізу встановлено тісний зв'язок між діаметром, максимальним і мінімальним редуційними числами; децю меншою тісноти зв'язок існує між віком і діаметром та максимальним і мінімальним редуційними числами. 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 гостроверхою кривою з правосторонньою асиметрією. Середні значення асиметрії розподілів становлять 0,33; ексцес – -0,08. Розрахунки моделей розподілу стовбурів сосни за діаметром показали, що  $\beta$ -розподіл є оптимальним для цього об'єкта дослідження. Встановлено зв'язок між часткою ділових стовбурів і віком модальних соснових деревостанів. За результатами порівняння нормативів розподілу, розроблених для соснових деревостанів Придонецького Степу України, з даними для Полісся встановлено більшу мінливість за діаметром останніх, що зумовлено, насамперед, лісорослинними умовами регіону та режимом господарювання.

Побудовано таблиці динаміки товарної структури модальних соснових деревостанів з урахуванням розподілу об'ємів ділових стовбурів за класами і підкласами товщини, узгодженими з європейськими підходами щодо таксації круглих лісоматеріалів. Наведені нормативи розподілу дерев за діаметрами та динаміка товарної структури модальних соснових насаджень з урахуванням розподілу ділової деревини за класами діаметрів дають змогу підвищити точність визначення показників соснових насаджень Придонецького Степу.

**Ключові слова:** *Pinus sylvestris* L.; модальні деревостани; класи Крафта; розподіл за діаметром; динаміка товарної структури.

**Вступ (Introduction).** Ліси Придонецького Степу відіграють важливу роль для навколишнього середовища, зокрема виконують водоохоронні, протиерозійні та інші захисні функції, є осередками збереження біорізноманіття. На сучасному етапі актуальним завданням є розроблення відповід-

них нормативно-інформаційних матеріалів для оцінювання деревостанів головних лісотвірних видів з урахуванням зональних особливостей. *Pinus sylvestris* L. є одним із найпоширеніших деревних видів на території Північного Степу України. Закономірності будови деревостанів є теоретичною

<sup>1</sup> 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](mailto:pasternak65@ukr.net) ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1346-1968>

<sup>2</sup> Приходько Олексій Борисович – директор ДП «Лиманське лісове господарство», вул. К. Гасієва, 1а, Лиман, 84404, Україна. Тел.: +38-097-358-97-49. E-mail: [prikhodkoab@gmail.com](mailto:prikhodkoab@gmail.com)

<sup>3</sup> 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](mailto:aagirs@nubip.edu.ua) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7633-8855>

основою побудови лісотаксаційних нормативів, зокрема таблиць товарної структури і динаміки товарності. У зв'язку з цим, оцінювання структури соснових деревостанів з урахуванням регіональних особливостей відзначається високою актуальністю для збалансованого ведення господарства в них.

Структуру, відновлення та ріст соснових деревостанів з урахуванням змін клімату та антропогенного впливу досліджували у різних лісорослинних умовах (Мерцало, 2018; Matuszkiewicz et al., 2013; Stefańska-Krzaczek, Staniaszek-Kik, Szczepańska, & Szymura, 2019; Vacek et al., 2016).

Дослідженням продуктивності, таксаційної будови і товарної структури деревостанів сосни звичайної Північного Степу України присвячено роботи низки науковців (Тарнопільська, 2012; Gritsan, Lovynska, & Sytnyk, 2018; Lovynska, Sytnyk, Maslikova, & Gritsan, 2017). Зокрема, вивчено особливості формування структури сосняків (Lovynska, & Sytnyk, 2016), розроблено нормативи біопродуктивності соснових деревостанів Придніпровського Північного Степу та регіональні нормативи ходу росту модальних соснових деревостанів (Ловинська, 2021), які використані нами для товаризації запасу за класами товщини.

За результатами дослідження українських вчених встановлено, що бета-розподіл забезпечує добру апроксимацію структури деревостанів за діаметром (Гірс, 2011; Громяк, Гриник, Ярош, 2013; Свинчук, Зібцев, Гуменюк, 2014; Бугайов, Гірс, Пастернак, 2021).

*Мета дослідження* – визначити закономірності структури деревостанів; розробити математичні моделі цих закономірностей та на їхній основі скласти відповідні таблиці товарної структури деревини за класами товщини у деревостанах сосни звичайної у Придніпровському Степу України.

*Об'єктом дослідження* були деревостани *Pinus sylvestris* L. Придніпровського Степу. *Предмет дослідження* – формування структури соснових деревостанів Придніпровського Степу України.

**Об'єкти і методика досліджень (Objects and methods).** За лісотипологічним районуванням територія регіону досліджень належить до Донецького району (Східно-степовий і Деркульський сектори) лісотипологічної області сухого порівняно теплого клімату (1e) (Остапенко, Ткач, 2002); за лісогосподарським районуванням – переважно до Донецько-Донського Північно-степового округу (Генсірук, 2002). Найбільші площі серед соснових типів лісу займають свіжий сосновий бір ( $A_2-C$ ), свіжий дубово-сосновий суббір ( $B_2-dC$ ) та сухий сосновий бір ( $A_1-C$ ). Менш розповсюджені сухий дубово-сосновий суббір ( $B_1-dC$ ) та свіжий липово-дубово-сосновий сугруд ( $C_2-лп-dC$ ).

Для детального вивчення структури соснових деревостанів використано матеріали таксації 32-ох пробних площ, що закладено у лісовому фонді ДП «Ізюмське ЛГ», «Лиманське ЛГ» та «Кремінське ЛМГ». Закладання пробних площ і визначення таксаційних показників здійснювали за загаль-

ноприйнятими у лісовій таксації методиками (Площі пробні лісовпорядні, 2006).

У базових підприємствах Придніпровського Степу найчастіше трапляються середньоповнотні соснові деревостани з відносною повнотою 0,7-0,8 (65,8%). Також значні площі займають деревостани з повнотою 0,6 (11,6%) та 0,9 (16,6%). Частка низькоповнотних насаджень незначна. За продуктивністю майже порівну (близько 39%) представлені насадження I та II класів бонітету. Переважаючими типами лісу є свіжий сосновий бір ( $A_2-C$  – 37,3%), свіжий дубово-сосновий суббір ( $B_2-dC$  – 33,9%), а також сухий сосновий бір ( $A_1-C$  – 14,0%) (Пастернак, Яроцький, 2009; Приходько, Пастернак, Яроцький, 2019).

Аналіз даних пробних площ за основними таксаційними показниками підтверджує, що підібрані для дослідження деревостани за складом, продуктивністю, відносною повнотою і типами лісу відповідають найпоширенішим умовам формування сосняків у Північному Придніпровському Степу України.

Обробку дослідних даних з метою отримання інформації про параметри рядів розподілу за діаметром виконано з використанням прикладних програм (MS Excel, STRUK, БУДОВА). При цьому визначено середній діаметр ( $D$ ), коефіцієнт мінливості ( $V$ ), мінімальні ( $R_{min}$ ) і максимальні ( $R_{max}$ ) редуційні числа, показники асиметрії ( $A$ ) та ексцесу ( $E$ ), а також здійснено статистичну обробку масиву дослідних даних (табл. 1).

Таблиця 1

**Статистичні характеристики дослідних рядів розподілу дерев за діаметром**

Table 1. Statistical characteristics of experimental series of tree distribution by diameter

Показник	Середнє значення	$\sigma$	V, %
Вік (A), років	73	13,1	17,9
Діаметр (D), см	21,7	3,6	16,6
Коефіцієнт мінливості (V), %	23,7	3,7	15,5
Мінімальне редуційне число ( $R_{min}$ )	0,47	0,07	15,4
Максимальне редуційне число ( $R_{max}$ )	1,57	0,24	15,3

Дослідні дані охоплюють доволі широкий діапазон деревостанів за віком і діаметром. Коефіцієнти мінливості цих показників свідчать про достатню однорідність дослідних даних, оскільки становлять 17,9 та 16,6% відповідно (Никитин, Швиденко, 1978). Середні значення асиметрії ( $A$ ) розподілів за діаметром становлять 0,33; ексцесу ( $E$ ) – -0,08. Розподіл дерев за діаметром характеризується переважно гостроверхою кривою з правосторонньою асиметрією.

**Результати (Results).** Аналізуючи розподіл дерев за класами Крафта встановлено, що у середньому частка дерев II класу становить 75,4, III – 12,3, V – 8,3, I – 2,5, IV – 1,5%.

За результатами кореляційного аналізу найтісніший кореляційний зв'язок встановлено між діаметром і максимальним та мінімальним редуційними числами, дещо меншу тісноту зв'язку встановлено між віком і діаметром та максимальним і

мінімальним редуційними числами (табл. 2). Таким чином, між показником відносної мінливості діаметра дерев та середнім значенням цієї таксаційної ознаки існує слабкий обернений зв'язок. Параметри відповідної математичної моделі встановлювали з урахуванням того, що методика побудови узагальнених рядів розподілу дерев за діаметром передбачає моделювання показника відносної мінливості саме від величини середнього діаметра.

Таблиця 2

**Коефіцієнти кореляції між досліджуваними показниками**  
 Table 2. Correlation coefficients between the studied indicators

Показник	A, років	D, см	V, %	R <sub>min</sub>	R <sub>max</sub>	A	E
A, років	1,00	0,67	-0,02	-0,66	-0,68	0,01	0,02
D, см		1,00	-0,28	-0,98	-0,97	-0,29	-0,08
V, %			1,00	0,22	0,28	0,31	0,05
R <sub>min</sub>				1,00	0,92	0,25	0,08
R <sub>max</sub>					1,00	0,31	0,11
A						1,00	0,75
E							1,00

Розрахунки таксаційної будови у середовищі EXCEL за програмою БУДОВА показали, що оптимальним для цього об'єкта досліджень є β-розподіл.

Результати моделювання представлено формулами:

$$V = -1,17 + 4,87 \cdot D - 0,267 \cdot D^2 + 4,3 \cdot 10^{-3} \cdot D^3, \quad (1)$$

$$W = 32,47 - 0,565 \cdot P_{dil} + 5,83 \cdot 10^{-3} \cdot P_{dil}^2, \quad (2)$$

$$R_1 = 0,72 - 0,0106 \cdot D + 1,55 \cdot 10^{-4} \cdot D^2, \quad (3)$$

$$R_2 = 2,46 - 0,0361 \cdot D - 5,83 \cdot 10^{-4} \cdot D^2, \quad (4)$$

де  $V$  – мінливість діаметра модального деревостану;  $W$  – відношення мінливості ділової частини до загальної мінливості діаметра деревостану;  $R_1$  та  $R_2$  – мінімальний і максимальний діаметри у модальному деревостані відповідно.

Також як функцію від середнього діаметра ( $D$ ) встановлено залежність між часткою ділових стовбурів ( $P_{dil}$ ) і віком ( $A$ ) модальних соснових деревостанів:

$$P_{dil} = 56,5 + 3,56 \cdot D - 8,1 \cdot 10^{-2} \cdot D^2. \quad (5)$$

На рис. 1 наведено графік розподілу загальної кількості стовбурів, побудований для 40-70-річних модальних соснових деревостанів на основі вище представлених (формули 1-5) параметрів β-розподілу.

На графіку 1000 стовбурів умовно відповідають загальній кількості дерев у деревостані, тобто 100% усіх дерев.

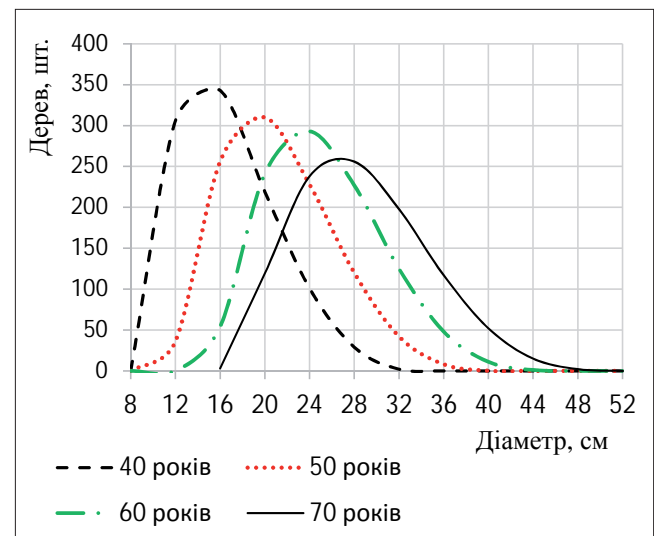


Рис. 1. Розподіл стовбурів за діаметром у модальних соснових деревостанях залежно від середнього діаметра

Fig. 1. Distribution of trunks by diameter in modal pine stands depending on the average diameter

Для моделювання динаміки товарної структури соснових деревостанів використано регіональні таблиці ходу росту (Ловинська, 2021), таблиці розподілу об'єму ділових стовбурів сосни за класами й підкласами товщини (Лісотаксаційний довідник, 2020) та наведені вище параметри будови за діаметром. Класи та підкласи товщини ділової деревини встановлювали за середнім діаметром колод без кори: D1b – 14,5-19,4 см, D2a – 19,5-25,4 см, D2b – 25,5-29,4 см, D3a – 29,5-34,4 см, D3b – 34,5-39,4 см, D4 – 39,5-49,4 см.



Отримані результати щодо розподілу загального запасу на категорії (ділова, дрова та відходи), а також виходу ділової деревини за класами товщини, були вирівняні та змодельовані з високим ступенем точності ( $R^2 = 0,99$ ), причому для моделювання використовували поліноми 2-3-го ступенів як функцію від віку деревостану (табл. 3).

Таблиця 3

**Коефіцієнти для поліномальних рівнянь моделей розподілу запасу модальних соснових деревостанів за категоріями деревини**  
**Table 3. Coefficients to polynormal equations of models of stock distribution of modal pine stands by wood categories**

Найменування категорій запасу	Найменування коефіцієнтів поліномальних рівнянь			
	$a_0$	$a_1$	$a_2$	$a_3$
Загальний	-199,8	13,80	-0,091	–
Дрова	197,8	-3,30	0,0157	–
Відходи	-37,0	1,69	-0,0119	–
Ділова	-362,3	15,45	-0,0157	–
D1b	-520,7	30,19	-0,4847	0,0024
D2a	16,08	-5,26	0,2115	-0,0018
D2b	211,5	-14,63	0,3129	-0,0019
D3a	75,07	-3,58	0,0436	–
D3b	115,5	-4,28	0,040	–
D4	-25,0	0,40	–	–

Графічна інтерпретація результатів моделювання представлена на рис. 2.

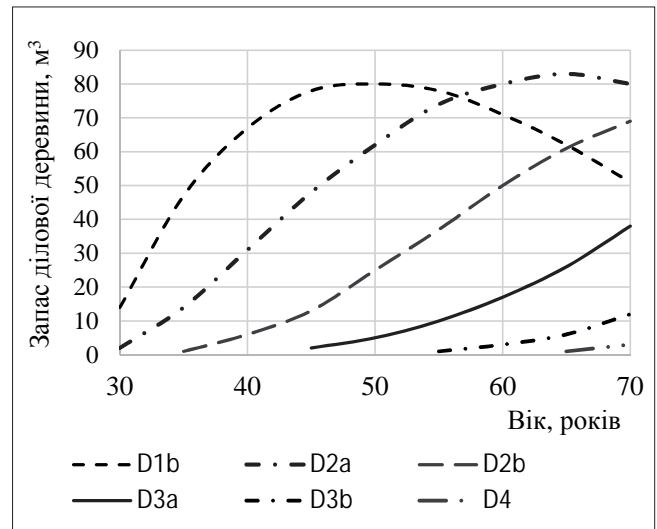


Рис. 2. Вихід ділової деревини за класами товщини у модальних соснових деревостанах I класу бонітету Придонецького Степу України

Fig. 2. Yield of commercial timber by thickness classes in modal pine stands of site class 1 in the Prydonetskyi Steppe of Ukraine

Нормативи динаміки товарності модальних соснових деревостанів, які наведено у табл. 4, розраховували за методикою, розробленою на кафедрі лісової таксації і лісовпорядкування НУБіП України (Кашпор, 1999). При цьому об'єм дров'яної деревини встановлювали як суму об'єму дров'яних стовбурів і дров'яної деревини з ділових дерев. Максимальну середню зміну запасу ділової деревини ( $3,7 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1} \cdot \text{рік}^{-1}$ ) відзначено у віці 60 років. У деревостанах старшого віку вона зменшується переважно внаслідок погіршення стану деревостанів.

Таблиця 4

**Динаміка товарної структури модальних соснових деревостанів I класу бонітету**  
**Table 4. Dynamics of commodity structure of modal pine stands of site class 1**

Вік, років	Середні		Запас, $\text{м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$	Запас ділової деревини за класами товщини, $\text{м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$							Дрова	Відходи
	H, м	D, см		D1b	D2a	D2b	D3a	D3b	D4	Разом		
30	10,6	12,6	131	14	2	–	–	–	–	16	112	3
35	12,9	15,1	172	47	14	1	–	–	–	62	102	8
40	15,0	17,5	208	67	31	6	–	–	–	104	92	12
45	16,9	19,7	238	78	48	13	2	–	–	141	83	15
50	18,6	21,9	263	80	62	25	5	–	–	172	73	18
55	20,1	23,9	283	78	74	37	10	1	–	200	63	20
60	21,4	25,8	298	71	80	50	17	3	–	221	55	22
65	22,6	27,6	312	62	83	61	26	6	1	239	49	23
70	23,6	29,3	322	51	80	69	38	12	3	253	46	23

**Дискусія (Discussion).** Порівняння отриманих результатів розподілу стовбурів за діаметром з даними для Полісся та Лісостепу (Гірс, 2011; Свинчук, Зібцев, Гуменюк, 2014) свідчить, що мінливість діаметрів у соснових деревостанах Придонецького Степу є меншою (23,7%) порівняно з 30,1% для Лісостепу й Полісся та 41,2% – для заповідних лісів Центрального Полісся.

Варто зазначити, що нормативи динаміки товарної структури модальних соснових деревостанів побудовані за новими даними щодо розподілу об'єму ділових стовбурів за класами і підкласами товщини (Лісотаксаційний довідник, 2020), узгодженими з європейськими підходами щодо таксації круглих лісоматеріалів (DSTU EN 1315-2-2001). У перспективі доцільно здійснити додаткові дослідження для визначення закономірностей розподілу деревини за класами якості та динаміки товарної структури за цим показником.

**Висновки (Conclusions).** Соснові деревостани регіону досліджень за структурою істотно відрізняються від соснових деревостанів Лісостепу і Полісся України: мінливість діаметрів у соснових деревостанах Придонецького Степу є меншою. Між показником відносної мінливості діаметра дерев і середнім значенням цієї таксаційної ознаки існує слабкий обернений зв'язок. Розподіл дерев за діаметром характеризується переважно гостроверхою кривою з правосторонньою асиметрією. Оптимальною для об'єкта дослідження є модель  $\beta$ -розподілу стовбурів сосни звичайної за діаметром.

Представлені нормативи таксаційної будови та динаміки товарної структури модальних соснових деревостанів з урахуванням товаризації ділової деревини за класами товщини можуть суттєво підвищити якість ведення лісового господарства й точність визначення таксаційних показників соснових деревостанів Придонецького Степу. Доцільність використання розроблених нормативів потрібно встановити за результатами дослідно-виробничої перевірки.

### Список літератури (References)

Білоус, А.М., Кашпор, С.М., Миронюк, В.В. (2020). Лісотаксаційний довідник. Дніпро: Ліра. 360 с. [Bilous, A. M., Kashpor, S. M., & Myroniuk, V. V. (2020). *Forest inventory handbook*. Dnipro: Lira. ISBN 978-966-981-403-6] (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. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*, 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)

Генсірук, С.А. (2002). Ліси України. Львів: Вид-во Наук. тов. ім. Шевченка. 496 с. [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: Вид. Майдаченко І.С. [Girs, O. A. *Maturity of forest stands and use of wood resources in forests of different functional purposes*. Korsun-Shevchenkivskiy: Maydachenko I. S.] (in Ukrainian)

Гром'як, О.Ю., Гриник, Г.Г., Ярош, М.І. (2013). Дослідження особливостей морфолого-таксаційної будови соснових деревостанів у суборових умовах. *Науковий вісник НЛТУ України*, 23.1, 84-90. [Gromiak O. Yu., Hrynyk H. H., & Yarosh M. I. (2013) Research of morphological-assessments structure features of pine forest stands in fairly infertile pine site types. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 23 (1), 226-231. Retrieved from [https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2013/23\\_1/84\\_Gro.pdf](https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2013/23_1/84_Gro.pdf)] (in Ukrainian)

ДСТУ EN 1315-2-2001 (2002). *Класифікація за розмірами. Частина 2. Круглі лісоматеріали хвойних порід*. (EN 1315-2:1997, IDT). [Чинний від 2002-01-01]. Вид. офіційне. Київ: Технічний комітет зі стандартизації [DSTU EN 1315-1:2001 (EN 1315-2:1997, IDT) (2002). *Dimensional classification – Part 2: Softwood round timber*. [Effective from January 01, 2002]. Official edition. Kyiv: Technical Committee for Standardization] (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 bases of stand commodity structure dynamics creation. *Scientific bulletin of National Agrarian University*, 17, 265-268] (in Ukrainian)

Ловинська, В.М. (2021). Біопродуктивність соснових насаджень Байрачного Степу України: автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук: 06.03.03 / Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ. 44 с. [Lovynska V. M. *Biotic Productivity of Scots Pine Plantation within Ravine Steppe of Ukraine*: Doctoral dissertation abstract. National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Kyiv, Ukraine. Retrieved from [http://library.znu.edu.ua/newbook/index.php?action=url/view&url\\_id=77099](http://library.znu.edu.ua/newbook/index.php?action=url/view&url_id=77099)] (in Ukrainian)

Мерцало, М.В. (2018). Динаміка і продуктивність соснових деревостанів сухого лишайникового бору в умовах Західного Полісся *Науковий вісник НЛТУ України*, 28 (3), 48-51. [Mertsalo, M. V. (2018). Dynamics and productivity of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) stands of dry Lichen-Pine forests in West Polissya. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 28 (3), 48-51. <https://doi.org/10.15421/40280310>] (in Ukrainian)

Никитин, К.Е., Швиденко, А.З. (1978). *Методи и техника обработки лесоводственной инфор-*

- мацши. Москва: Лесная промышленность. 271 с. [Nikitin, K.E., & Shvidenko, A.Z. (1978). *Methods and technique of data processing in forestry*. Moscow: Forest industry] (in Russian)
- 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: Kharkiv State Agrarian University] (in Ukrainian).
- Пастернак, В. П., Яроцький, В. Ю. (2009). Типологічна структура та біопродуктивність лісів ДП «Кремінське ЛМГ». *Лісівництво і агролісомеліорація*, 116, 130-135. [Pasternak, V.P., & Yarotsky, V.Yu. (2009). Typological structure and forest bioproductivity in the State forest-hunting Enterprise "Kremiske". *Forestry and Forest Melioration*, 116, 130-135] (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)
- Приходько, О. Б., Пастернак, В. П., Яроцький, В. Ю. (2019). Стан, структура і продуктивність соснових лісів ДП «Лиманське ЛГ». *Лісівництво і агролісомеліорація*, 135, 24-29. [Prihodko, O.B., Pasternak, V.P., & Yarotsky, V. Yu. (2019). Condition, structure and productivity of pine forests of SE «Lymanske Forestry». *Forestry and Forest Melioration*, 135, 24-29. <https://doi.org/10.33220/1026-3365.135.2019.24>] (in Ukrainian)
- Свинчук, В. А., Зібцев, С. В., Гуменюк, В. В. (2014). Особливості таксаційної будови штучних соснових деревостанів заповідних лісів Центрального Полісся України. Науковий вісник НУБіП України, 198, 53-57. [Svynchuk, V.A., Zibtsev, S.V., & Gumeniuk, V.V. (2014). Taxation building features of artificial Scots pine stands of protected forests in Central Polissya of Ukraine. *Scientific Bulletin of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*, 198, 53-57. Retrieved from <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Lisivnytstvo/article/view/1069>] (in Ukrainian)
- Тарнопільська, О. М. (2012). *Особливості росту і формування штучних соснових насаджень Лівобережного Степу та Лісостепу*: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.03.03 / Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького. Харків. 20 с. [Tarnopilska, O.M. (2012). Features of growth and formation of artificial pine plantations of the Left Bank Steppe and Forest-Steppe: PhD dissertation abstract. The G.M. Vysotsky Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration. Kharkiv, Ukraine. Retrieved from <http://www.disslib.org/osoblyvosti-rostu-i-formuvannja-shhtuchnykh-sosnovykh-nasadzhen-livoberezhnoho-stepu-ta.html>] (in Ukrainian)
- Gritsan, Y.I., Lovynska, V.M., & Sytnyk, S.A. (2018). Radial increment dynamics in *Pinus sylvestris* stands within the Northern Steppe of Ukraine. *Biosystems Diversity*, 26 (3), 213-217. <https://doi.org/10.15421/011832>
- Lovynska, V., & Sytnyk, S. (2016). The structure of Scots pine and Black locust forests in the Northern Steppe of Ukraine. *Journal of Forest Science*, 62 (7), 329-336. <https://doi.org/10.17221/120/2015-JFS>
- Lovynska, V.M., Sytnyk, S.A., Maslikova, K.P., & Gritsan, Y.I. (2017). Analysis of the productivity of pine stands in plantations in the Northern Steppe of Ukraine. *Biosystems Diversity*, 25 (1), 39-44. <https://doi.org/10.15421/011706>
- Matuszkiewicz, J.M., Kowalska, A., Kozłowska, A., Roo-Zielińska, E., & Solona, J. (2013). Differences in plant-species composition, richness and community structure in ancient and post-agricultural pine forests in central Poland. *Forest Ecology and Management*, 310 (15), 567-576. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.08.060>
- Stefańska-Krzaczek, E., Staniaszek-Kik, M., Szczepańska, K., & Szymura, T.H. (2019). Species diversity patterns in managed Scots pine stands in ancient forest sites. *PLoS ONE* 14 (7), e0219620. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219620>
- Vacek, S., Vacek, Z., Bilek, L., Simon, J., Remeš, J., Hůnová, I., ... Mikeska, M. (2016). Structure, regeneration and growth of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands with respect to changing climate and environmental pollution. *Silva Fennica*, 50 (4), article id 1564. 21 p. <http://dx.doi.org/10.14214/sf.1564>

## Structure of pine stands in the Pridonetsk Steppe of Ukraine

V. Pasternak<sup>1</sup>, O. Prihodko<sup>2</sup>, O. Girs<sup>3</sup>

An analysis of Scots pine distribution in the forest fund of the study region was carried out and forest-mensurational indexes were determined in the areas under pine stands. The pine stands of three enterprises under study are described according to the following

<sup>1</sup> 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](mailto:pasternak65@ukr.net) ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1346-1968>

<sup>2</sup> Olexiy B. Prihodko – Head, State Enterprise «Lymanske Forest Economy», 1a K. Gasieva st., Lyman, 84404, Ukraine. Tel.: +38-097-358-97-49. E-mail: [prihodkoab@gmail.com](mailto:prihodkoab@gmail.com)

<sup>3</sup> 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](mailto:aagirs@nubip.edu.ua) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7633-8855>

characteristics: forest type, density of stocking and productivity. The taxation structure of pine stands in the conditions of the study region is considered. To study the structure of *Pinus sylvestris* L. stands, experimental data collected on temporary sample plots in stands of the Prydonetskyi Steppe were used. 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 average diameter, coefficient of variability, minimum and maximum reduction numbers, indicators of skewness and kurtosis were calculated, as well as statistical processing of the array of experimental data was performed.

An analysis of the distribution of trees by Kraft's classes showed that class 2 prevailed (75.4%), the share of trees of class 3 is 12.3%, class 1 – 2.5%, class 4 – 1.5%, class 5 – 8.3%. The average values of the skewness of the diameter distributions are 0.33; kurtosis – -0.08. The distribution of trees by diameter is characterized mainly by a sharp-topped curve with right-handed asymmetry. The models of diameter variability, the ratio of variability of the share of marketable trunks to the total variability of the stand diameter are calculated, taking into account the minimum and maximum diameters of modal stands. According to the results of the correlation analysis, the closest correlation is found between diameter and the maximum and minimum reduction numbers, slightly less close relationship is revealed between age and diameter and maximum and minimum reduction numbers. According to the results of comparison of

the pine stands of the Prydonetskyi Steppe of Ukraine with the data for Polissia, it was found that the latter showed greater variability in diameter, which is primarily due to forest site conditions in the region and the management regime. The calculations of diameter distribution models of pine trunks have shown that the  $\beta$ -distribution is optimal for this object of study. The relationship between the share of marketable trunks and the age of modal pine stands has been revealed.

Tables have been developed for the dynamics of commodity structure of modal pine stands, taking into account the distribution of volumes of marketable trunks by diameter classes, consistent with European approaches to evaluation of round timber. To model the dynamics of the commodity structure of pine stands, regional tables of growth of the Prydonetskyi Steppe, tables of distribution of the volume of industrial trunks of pine by classes and subclasses of diameters and structure parameters by diameter are used. The maximum average stock change of commercial timber ( $3.7 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{year}^{-1}$ ) was observed at an age of 60 years. The presented standards of tree distribution by diameter and dynamics of commodity structure of modal pine stands, taking into account the composition of marketable timber by diameter classes, can significantly improve the quality of forestry and the accuracy of determining evaluation indicators of pine stands of the Prydonetskyi Steppe.

**Key words:** *Pinus sylvestris* L.; modal stands; Kraft's classes; diameter distribution; commodity structure dynamics.

## 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/10.15421/412133>  
Article received 2021.10.12  
Article accepted 2021.12.29

ISSN 1991-606X print  
ISSN 2616-5015 online  
@ ✉ Correspondence author  
Ion Dubovich  
[iondubovici@ukr.net](mailto:iondubovici@ukr.net)

103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine

УДК 504+33:34

### Екологічна економіка: інструмент реалізації концепції сталого розвитку

І. А. Дубовіч<sup>1</sup>, О. М. Адамовський<sup>2</sup>, Х. Р. Васишин<sup>3</sup>, О. Р. Перхач<sup>4</sup>, Ю. І. Волковська<sup>5</sup>,  
Н.-М. Петрецькі<sup>6</sup>

*Серед основних проблем людства особливе місце належить охороні, використанню та відтворенню природних ресурсів, а також екологічному забезпеченню населення. Сьогодні ставлення більшої частини населення світу до природи має виразно споживацький характер, де природні ресурси та природні умови сприймаються лише як чинник, що впливає на розвиток економіки. Такий підхід населення до природи є хибним і призводить до погіршення стану природного життєвого довкілля, великомасштабних біологічних катастроф, а також погіршення якості життя та здоров'я людей.*

<sup>1</sup> Дубовіч Іон Андрійович – член-кореспондент Лісівничої академії наук України, кандидат географічних наук, спеціаліст з міжнародного права, професор, завідувач кафедри екологічної економіки та бізнесу. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-097-215-78-78. E-mail: [iondubovici@ukr.net](mailto:iondubovici@ukr.net) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3719-7957>

<sup>2</sup> Адамовський Олександр Миколайович – кандидат економічних наук, доцент, заступник директора Інституту екологічної економіки і менеджменту. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-063-263-87-76. E-mail: [adamchic@ukr.net](mailto:adamchic@ukr.net) ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3515-4635>

<sup>3</sup> Васишин Христина Романівна – кандидат економічних наук, старший викладач кафедри екологічної економіки та бізнесу. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-098-392-16-48. E-mail: [kvasylshyn@nltu.edu.ua](mailto:kvasylshyn@nltu.edu.ua) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2881-233X>

<sup>4</sup> Перхач Оксана Романівна – кандидат географічних наук, доцент кафедри раціонального використання природних ресурсів і охорони природи. Географічний факультет Львівського національного університету імені Івана Франка, вул. Петра Дорошенка, 41, м. Львів, 79000, Україна. Тел.: +38-096-509-82-84. E-mail: [oxana.perkhach@ukr.net](mailto:oxana.perkhach@ukr.net) ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5702-9048>

<sup>5</sup> Волковська Юлія Ігорівна – аспірант кафедри екологічної економіки та бізнесу. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-098-172-78-60. E-mail: [juliane.lviv@gmail.com](mailto:juliane.lviv@gmail.com) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2594-8864>

<sup>6</sup> Петрецькі Николае-Мірослав – спеціаліст з економіки та бухгалтерського обліку й адміністративного права. Голова Союзу українців Румунії, м. Бухарест, 1-й сектор, вул. Раду Попеску, №15, 012217, Румунія. Тел.: +40766818025. E-mail: [petretchi@nltu.lviv.ua](mailto:petretchi@nltu.lviv.ua) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8295-1752>

Для об'єктивної оцінки обізнаності та ставлення населення до розвитку екологічної економіки і розуміння концепції сталого розвитку здійснено соціально-економічне дослідження, за результатами якого з'ясовано, що більшість громадян України (84%) вважають, що екологічна економіка є основним інструментом для реалізації сталого розвитку. Більшість респондентів (87%) вважають, що економічний розвиток має ґрунтуватися на теоретико-методологічній основі концепції сталого розвитку.

Встановлено концептуальні положення щодо вдосконалення розвитку економіки, орієнтовані на засадничі принципи екологічної економіки та моделі сталого розвитку. Обґрунтовано необхідність посилення ролі держави у розвитку екологічної економіки та практичній реалізації засад сталого розвитку, спрямованих на забезпечення належних контролюючих механізмів, невідворотності відповідальності за порушення законодавства та належної координаційної діяльності органів державної влади у сфері реалізації політики з питань сталого розвитку.

Запропоновано класифікацію та порівняльну характеристику еколого-економічних інструментів щодо реалізації сталого розвитку. Сформовано пропозиції щодо удосконалення шляхів запровадження інструментів екологічної економіки для реалізації концепції сталого розвитку.

**Ключові слова:** природні умови; охорона природних ресурсів; природне життєве довкілля; екологічна безпека; екологічна та економічна системи; зона екологічної катастрофи; антропогенний тиск на довкілля; біологічні катастрофи.

**Вступ (Introduction).** Дедалі більшої актуальності набувають проблеми раціонального використання, відтворення та охорони природних ресурсів. Це пов'язано з неефективною господарською діяльністю та вичерпністю природних ресурсів у більшості країн світу. Розвиток виробництва та зростання масштабів господарської діяльності, в яких людство використовує щораз більшу кількість природних ресурсів, зумовлюють посилення антропогенного тиску на довкілля.

Споживацьке ставлення людства до природи та її ресурсів останніми роками призвело до глобальних екологічних проблем. З огляду на це, умови для проживання населення в більшості регіонів світу залишаються вкрай складні. Людство повинно усвідомити, що надмірне використання природних ресурсів, порушення й руйнування природоохоронних систем та загострення взаємовідносин суспільства з природою – це шлях до самознищення. Нинішнє покоління чи не перше, яке відчуло на собі вкрай складні еколого-економічні проблеми. Оскільки проблеми довкілля поступово поглиблюються, то необхідно розробити, узгодити та реалізувати конкретні науково-методичні заходи для їх усунення.

На сьогодні більшість учених вважають, що сталий розвиток є найперспективнішою ідеологією XXI ст. і навіть усього третього тисячоліття (Дубовіч, 2011).

Досягнення соціально-економічного добробуту населення, стабільності соціо-еколого-економічних систем було обговорено на Саміті ООН зі сталого розвитку, що відбувся у вересні 2015 р. у Нью-Йорку (США) за участю представників 193 держав світу. Саміт einstайно ухвалив новий «Порядок денний для сталого розвитку до 2030 року».

Оскільки основною метою сталого розвитку є забезпечення динамічного соціально-економічного зростання, збереження якості довкілля та раціональне використання природних ресурсів, то пріоритетними є реалізація принципів екологічної еко-

номіки, спрямованої на екологічно безпечний спосіб господарювання, який сприяє досягненню високих економічних і соціальних результатів одночасно із захистом і поліпшенням якості природного життєвого довкілля, раціональним використанням та відтворенням природних ресурсів (Туниця, 2006).

Загалом вважають, що лише 6% території України є екологічно чистою (Яценко, 2012). Основна причина не простої екологічної ситуації, яка склалася, пов'язана з нехтуванням об'єктивних еколого-економічних принципів, неефективною охороною довкілля, нераціональним використанням та відтворенням природно-ресурсного комплексу (Карасва, Коран, Коцко, 2008).

Потрібно зазначити, що природні умови і ресурси відіграють ключову роль для розвитку економіки, є джерелом енергії та матеріалів і створюють умови для проживання населення. Враховуючи ці аспекти, природні ресурси можна поділити на два типи: ресурси, які використовує людина, та ресурси, які надають екологічні послуги. Наприклад, ліс є джерелом матеріалів і одночасно є джерелом екологічних послуг. Ресурси першого типу людина може використовувати з різною швидкістю, але потрібно розуміти, що відповідно до темпу використання, буде відбуватися вичерпання, виснаження та деградація природних ресурсів. Обсяг ресурсів другого типу обмежений, а людство не може збільшити інтенсивність екологічних послуг у певний момент (Шлапак, 2017). Забруднення навколишнього природного середовища, а також деградація екосистем обмежує здатність надання екологічних послуг. На сьогодні єдиним способом обмеження деградації екосистем є зменшення забруднення довкілля та обсягів утворення відходів. Природа є джерелом ресурсів для економічного розвитку та поглинання забруднень і відходів, що утворюються внаслідок економічної діяльності. За умов обмежених ресурсів природи неможливе безперервне економічне

зростання. Швидкі темпи зростання обсягів матеріального виробництва призвели до значного дефіциту природних ресурсів та забруднення життєвого довкілля, відповідно – до виникнення диспропорції і порушення рівноваги між екологічною та економічною системами.

Якщо найближчим часом людство не запровадить нові науково обґрунтовані підходи, нові інструменти, які забезпечать практичну реалізацію концепції сталого розвитку, то небезпечні тенденції у сфері деградації природного життєвого довкілля будуть поглиблюватись.

Основним інструментом для втілення загально-визнаної у світі концепції сталого розвитку є екологічна економіка. Екологічна економіка, на противагу традиційній ринковій, ставить своїм завданням врахування екологічних чинників в економічній системі як їхню внутрішню органічну складову, а не як зовнішні чинники, як це відображено у традиційній економічній теорії (Туниця, 2006). Екологічна економіка пропонує глибокі філософські підходи до переосмислення засад взаємодії людини та природи, а на їх основі – широкий спектр ефективних інструментів для впровадження своїх постулатів на практиці. Термін «екологічна економіка» вживають для позначення трьох понять: як світоглядна навчальна дисципліна, як міждисциплінарний науково-дослідний напрям, а також як екологічно безпечний спосіб господарювання (Daly & Farley, 2004; Туниця, 2006; Гринів, 2010).

Ефективну охорону, раціональне використання і відтворення природних ресурсів, а також екологічне забезпечення та створення сприятливих умов для життя нинішнього і наступних поколінь можливо досягти лише шляхом належної підготовки фахівців та формування системи професійної еколого-економічної компетентності в руслі вимог концепції сталого розвитку. Еколого-економічна компетентність фахівців дає змогу розробити і запровадити відповідні науково обґрунтовані інструменти екологічної економіки для реалізації сталого розвитку.

Оскільки країни перебувають у взаємозалежній еколого-економічній системі, то інструменти екологічної економіки повинні бути спрямовані на практичну реалізацію концепції сталого розвитку всіх країн світу.

*Мета роботи* – розроблення пропозицій щодо вдосконалення шляхів запровадження інструментів екологічної економіки для реалізації концепції сталого розвитку.

*Об'єкт дослідження* – еколого-економічні інструменти, спрямовані на реалізацію концепції сталого розвитку у країнах світу. *Предмет дослідження* – проблеми реалізації концепції сталого розвитку.

**Методи і методика досліджень (Research methods and techniques).** У процесі досягнення мети роботи та отримання достовірних результатів дослідження використано загальні та спеціальні наукові методи: наукової абстракції – для обґрунту-

вання категоріального апарату; узагальнення, абстрагування та аналізу – під час дослідження інструментів екологічної економіки для реалізації сталого розвитку; рамкового аналізу – для формулювання цілей екологічної економіки та сталого розвитку; ретроспективного аналізу – для дослідження природного життєвого довкілля; стратегічного аналізу – для оцінювання стратегічних напрямів екологічної економіки як інструменту реалізації сталого розвитку; соціологічного опитування – для з'ясування готовності громадян використовувати теоретико-методологічну основу концепції сталого розвитку для економічного розвитку; нормативний метод – для розроблення науково-практичних рекомендацій у сфері формування нормативно-правових актів з питань сталого розвитку; графічний метод – для наочного відображення рівня обізнаності і ставлення населення України до розвитку екологічної економіки та розуміння концепції сталого розвитку.

Для проведення соціологічного опитування розроблено анкету, яка містила запитання, серед яких респондентам було запропоновано обрати один або декілька варіантів відповідей, або вказати власний варіант. Також респондентам було запропоновано вказати загальну інформацію про себе, а саме: стать, вік, освіту, місце проживання та середньомісячний дохід сім'ї на одну людину. Опитування проводили впродовж вересня-жовтня 2021 року. Форма проведення – онлайн-опитування в системі *Google forms*.

**Результати (Results).** Стан природного життєвого довкілля, якість природних умов для проживання населення залежить насамперед від ставлення людства до природи. На сьогодні ставлення більшої частини населення світу до природи має виразно споживацький характер, де ресурси природи сприймаються лише як чинник, що впливає на розвиток економіки. Такий підхід суспільства до природних ресурсів є хибним і призводить до погіршення стану навколишнього природного середовища, великомасштабних біологічних катастроф, погіршення якості життя та здоров'я населення.

Парадигма екологічної економіки розглядає використання природних ресурсів та їх умов як процес суспільного виробництва загалом, а також як раціональне використання, відтворення і охорону ресурсів природи та належних умов життєвого довкілля (Туниця, 2006).

На сьогодні основна мета екологічної економіки має бути спрямована на вирішення найневідкладніших проблем, насамперед, на ліквідацію загрози здоров'ю людей, що виникла внаслідок COVID-19 та низької якості стану природного життєвого довкілля.

На думку академіка НАН України Ю. Ю. Туниці (2006), нові моделі економічного розвитку не можуть бути розроблені та впроваджені без глибокого усвідомлення положень екологічної економіки або еколого-економічного вчення про єдність економічної та екологічної систем.

Із наведеного випливає, що одним із найважливіших чинників щодо забезпечення практичної реалізації концепції сталого розвитку є перехід на нове еколого-економічне мислення суспільства та новий спосіб господарювання на всіх рівнях (національний, транскордонний, міжнародний). Саме тому для більшості країн світу, зокрема й України, постає важливе завдання – забезпечити раціональне використання природних ресурсів відповідно до концепції сталого розвитку. Це зумовлює необхідність належного спостереження за зміною стану природного життєвого довкілля, виявлення неефективних елементів еколого-економічної системи, прогнозування їхніх змін та впливів на природні ресурси та економіку країни. Для ефективних результатів в цьому напрямі потрібно сформувавши та запровадити відповідні інструменти екологічної економіки для реалізації сталого розвитку.

Прийнято низку документів, які підтверджують необхідність розроблення та запровадження інструментів екологічної економіки для реалізації сталого розвитку в Україні: Постанова Президії НАН України «Про наукові засади екологічної економіки» (08.10.2003 р.) (Туниця, 2006); Добровільні зобов'язання України на саміті «Ріо+20» щодо екологізації освіти (13-22 червня 2012 р.) (Дубовіч, 2016); Цілі сталого розвитку України на період до

2030 року (ВРУ, 2019); Паризька угода з кліматичних змін (ВРУ, 2016); Рішення Колегії МОН України від 27 листопада 2015 р. про екологізацію вищої освіти (Дубовіч, 2016) та ін.

Для об'єктивної оцінки рівня обізнаності і ставлення населення України до розвитку екологічної економіки та розуміння концепції сталого розвитку, здійснено соціологічне опитування громадян, які проживають на території України. Основна мета цього опитування – дізнатись, чи вважає населення України, що економічний розвиток має ґрунтуватися на теоретико-методологічній основі концепції сталого розвитку, а також чи вважають вони, що екологічна економіка є основним інструментом реалізації цілей сталого розвитку.

В опитуванні взяло участь 106 респондентів, зокрема 67% жінок та 33% чоловіків. Найбільша кількість респондентів проживає у містах – 69%, частка сільського населення становить 31% опитаних. В опитуванні взяли участь респонденти у віці: 18-25 років – 22%; 26-35 років – 36%; 36-45 років – 25%; 46-59 років – 13%; 60 років і більше – 4%. Найбільшу частку опитаних становлять громадяни із вищою освітою – 81%, 11% опитаних – люди із незакінченою вищою освітою, 4% респондентів мають середню-спеціальну освіту та 3% громадян здобули середню освіту (рис. 1).

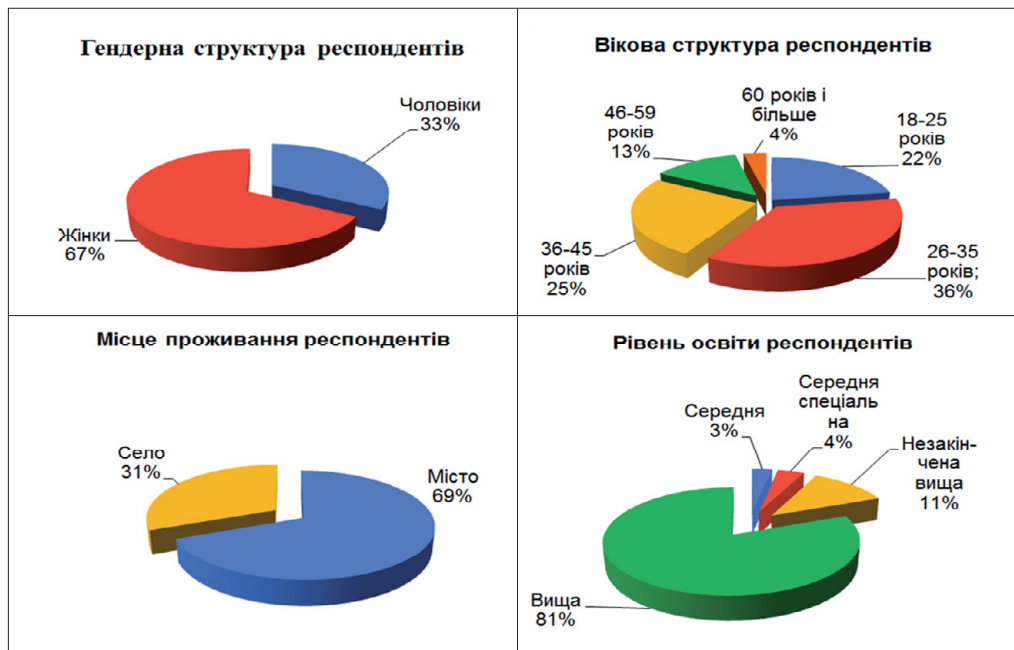


Рис. 1. Соціально-демографічна характеристика респондентів дослідження

Fig. 1. Socio-demographic characteristics of the respondents

Населення України, залежно від місця проживання та соціального статусу, значно відрізняється за рівнем доходів. Серед опитаних громадян найбільшу частку (77%) становили респонденти, у яких середньомісячний сімейний дохід на одну людину становив понад 6000 грн (станом на вересень 2021 року). У 11% опитаних цей дохід становить від 4000 до 6000 грн, у 7% респондентів – від 2000

до 4000 грн, а у 5% опитаних цей дохід зовсім незначний – до 2000 грн (рис. 2).

За результатами соціально-економічного дослідження 87% респондентів вважають, що економічний розвиток має ґрунтуватися на теоретико-методологічній основі концепції сталого розвитку. Натомість 13% опитаних відповіли «ні» (рис. 3).



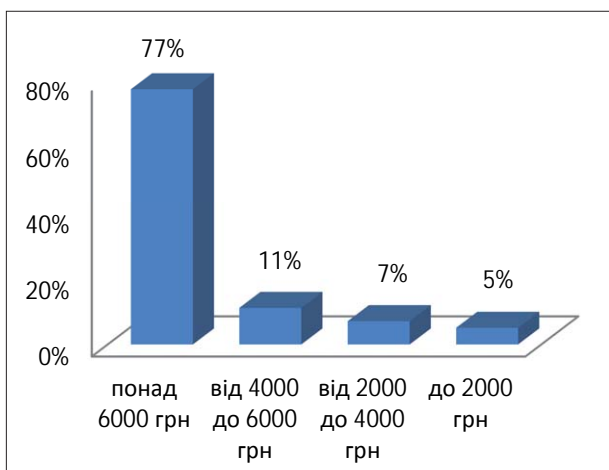


Рис. 2. Розподіл респондентів за рівнем доходів  
Fig. 2. Distribution of respondents by their income level

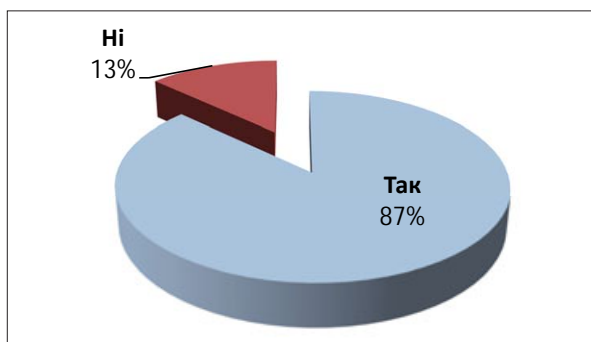


Рис. 3. Чи вважаєте Ви, що економічний розвиток має ґрунтуватися на теоретико-методологічній основі концепції сталого розвитку?  
Fig. 3. Do you think that economic development should be based on the theoretical and methodological basis of the concept of sustainable development?

84 % опитаних вважають, що екологічна економіка є основним інструментом для реалізації сталого розвитку, тоді як 16% респондентів так не вважають (рис. 4).

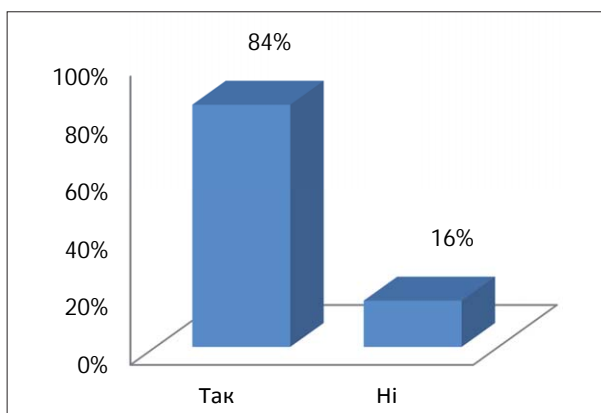


Рис. 4. Чи вважаєте Ви, що екологічна економіка є основним інструментом для реалізації сталого розвитку?  
Fig. 4. Do you think that the ecological economics is the main tool for sustainable development?

На питання «Чи вважаєте Ви, що нормативно-правова база в Україні є основною проблемою щодо практичної реалізації концепції сталого розвитку?» 81% респондентів відповіли «так», і тільки 19% опитаних відповіли «ні» (рис. 5).

На питання «Чи вважаєте Ви, що нормативно-правова база в Україні є основною проблемою щодо практичної реалізації концепції сталого розвитку?» 81% респондентів відповіли «так», і тільки 19% опитаних відповіли «ні» (рис. 5).

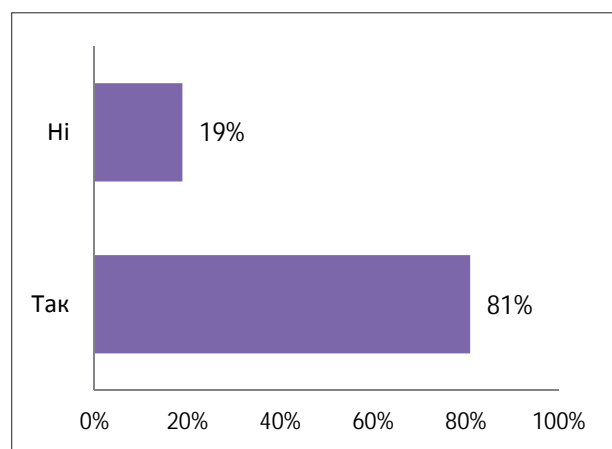


Рис. 5. Чи вважаєте Ви, що нормативно-правова база в Україні є основною проблемою щодо практичної реалізації концепції сталого розвитку?  
Fig. 5. Do you think that the legal framework in Ukraine is the main problem in the practical implementation of the sustainable development concept?

Щодо наступного питання, то лише 11% опитаних вважають, що на достатньо фаховому рівні населення України володіє теоретичними і практичними основами екологічної економіки та концепцією сталого розвитку. 89% респондентів відповіли «ні» (рис. 6).

Щодо наступного питання, то лише 11% опитаних вважають, що на достатньо фаховому рівні населення України володіє теоретичними і практичними основами екологічної економіки та концепцією сталого розвитку. 89% респондентів відповіли «ні» (рис. 6).

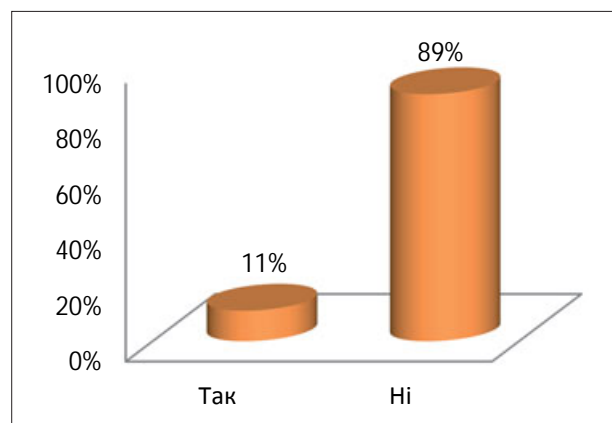


Рис. 6. Чи вважаєте Ви, що на достатньо фаховому рівні населення України володіє теоретичними і практичними основами екологічної економіки та концепцією сталого розвитку?  
Fig. 6. Do you think that the population of Ukraine has the theoretical and practical foundations of ecological economics and the sustainable development concept at a sufficiently professional level?

Також ми поцікавилися у респондентів, які, на їхню думку, існують найважливіші еколого-економічні інструменти, спрямовані на реалізацію концепції сталого розвитку. У цьому питанні можна було оби-

Також ми поцікавилися у респондентів, які, на їхню думку, існують найважливіші еколого-економічні інструменти, спрямовані на реалізацію концепції сталого розвитку. У цьому питанні можна було оби-

рати один або кілька із запропонованих варіантів відповідей. На це питання відповіді опитаних розділилися так: 29% респондентів вважає найважливішим інструментом екологічну економіку; 27% опитаних обрали фінансові інструменти; 18% – нормативно-правові інструменти; 11% – економічні інструменти;

7% – інформаційно-комунікаційні; 5% – освітні та просвітницькі, а ще 3% опитаних вказали на дослідження та розробки (рис. 7). Отже, оскільки сталий розвиток в Україні перебуває на етапі формування, то доцільно активізувати екологізацію освіти з метою підготовки фахівців для сталого розвитку.

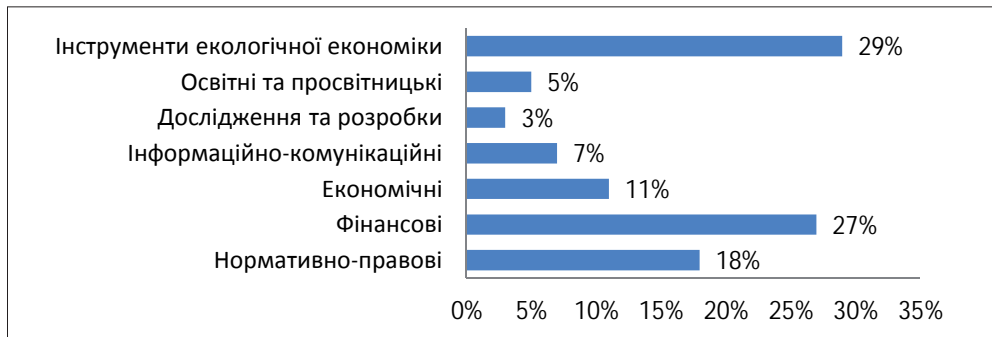


Рис. 7. Оберіть, на Вашу думку, найважливіші еколого-економічні інструменти, спрямовані на реалізацію концепції сталого розвитку

Fig. 7. Which, in your opinion, are the most important ecological and economic tools aimed at implementing the sustainable development concept?

Саме тому нині виникає необхідність посилення ролі держави щодо розвитку екологічної економіки та практичної реалізації сталого розвитку. Роль держави полягає в забезпеченні належних контролюючих механізмів і невідворотності відповідальності за порушення законодавства та належної координаційної діяльності органів державної влади у сфері реалізації політики з питань сталого розвитку.

Сьогодні набуло поширення визначення сталого розвитку як сукупності організацій, інституцій, форм і методів для узгодження інтересів на різних ієрархічних рівнях, забезпечення збалансованого та пропорційного розвитку підсистем у межах сталого розвитку і збереження цілісності системи (Жарова, 2006). Таке тлумачення є слушним для вирішення багатьох управлінських завдань, пов'язаних із сучасною еколого-економічною системою. До дієвих науково обґрунтованих підходів щодо реалізації сталого розвитку відносять: державно-регулятивні, правові, що гарантують законодавче забезпечення; фінансові механізми державного регулювання; економіко-виробничі, спрямовані на нарощування економічного потенціалу держави; соціально-економічні, соціальні світоглядні, наукові й освітянські механізми переходу до сталого розвитку тощо (Концепція переходу України до сталого розвитку, 2018). Виокремлюють також такі механізми реалізації сталого розвитку, як: адміністративні, фінансові, вільні ринкові та сприяння на ринку (Мельник, 2005).

Адміністративні механізми мають не індивідуальний, а загальний характер і є обов'язковими для виконання. Наприклад, за допомогою адміністративних механізмів можна збільшити надходження від зборів за забруднення довкілля кількома способами: через підвищення нормативів зборів, розширення переліку бази оподаткування тощо. Сто-

совно фінансових механізмів, то доцільно згадати, насамперед, фінансові трансферти, відповідно до яких передачу частини коштів від одних економічних суб'єктів іншим здійснюють на основі суворо регульованої і чітко визначеної процедури (закон, норматив, положення) у вигляді платежів, податків, зборів, виплат. Фінансові трансферти мають значно вищу гнучкість порівняно з адміністративними методами, сприяють кращому плануванню та визначенню напрямів діяльності та пов'язаних з цим природоохоронних заходів. Щодо вільних ринкових механізмів, варто звернути увагу на процедуру перерозподілу коштів, тобто торгівлі дозволами на викиди забруднювальних речовин, правами на додаткові викиди шкідливих речовин, якщо останні є об'єктом купівлі-продажу, коли регламентується обов'язковість покупки прав на викиди і залишається право вибору процедури купівлі, її ціни та іншого місця розташування підприємства. Торгівля квотами доцільна, якщо однорідність розподілу забруднювальних підприємств і унеможливлене скуповування квот промисловими гігантами, котрі можуть за відповідну плату перетворити територію навколо своїх цехів у зону екологічної катастрофи. Сприяння на ринку – це комплекс організаційних заходів, який дає змогу надати додаткові економічні переваги екологічно орієнтованим суб'єктам або створити економічні обмеження екологічно несприятливим суб'єктам господарювання, зазвичай без прямого фінансового впливу на інтереси суб'єктів: присудження нагород (звань, призів); маркетингове сприяння; розширення сфер діяльності екологічно орієнтованим суб'єктам; надання додаткових ресурсів (території, лімітів); інформаційна підтримка підприємств; державний протекціонізм видів продукції. Сприяння на ринку відбувається у вигляді реклами, екологічного

маркування, нагородження спеціальними відзнаками та надання відповідних торгових знаків. Цей механізм є найбільш гнучким з погляду добровільної участі чи не участі у відповідних конкурсах, а кожен економічний суб'єкт приймає рішення щодо створення своєї власної природоохоронної стратегії з урахуванням можливих переваг над конкурентами (Стегней, 2015).

Еколого-економічні інструменти реалізації сталого розвитку систематизовано за функціями, які вони виконують (рис. 8), а також здійснено їхню порівняльну характеристику (табл.). До поширених інструментів реалізації сталого розвитку належать чотири групи, враховуючи адміністративні, фінансові, вільні ринкові механізми та механізми сприяння на ринку. Сьогодні в Україні найбільш розповсюдженими є адміністративні та фінансові інструменти, що суттєво впливає на визначення пріоритетних позицій у сфері формування ринкових механізмів, оскільки акцентує увагу на засобах подолання основних ризиків сталого розвитку. Оскільки сталий розвиток розглядають через призму екологічної, економічної та соціальної сфер, то, відповідно, ризики сталого розвитку формуються у трьох

основних підсистемах – соціальній, економічній та екологічній. Особливістю є те, що кожна складова частина сталого розвитку може спричинити для іншої певний рівень ризиків і небезпек. Наприклад, високий рівень економічного зростання може бути небезпечним внаслідок нераціонального використання природних ресурсів. Інтенсивні виробничі процеси та значні обсяги виробництва важкої промисловості призводять до викидів шкідливих відходів у навколишнє природне середовище. Процвітання споживацької ідеології сприяє некерованому пришвидшеному зменшенню невідновлюваних природних ресурсів, спричиняє ризики і небезпеки в енергетичній сфері. Дотримання всіх вимог екологічної та виробничої безпеки створює перешкоди до економічного розвитку. Наслідком порушення правових норм поведінки людей є виникнення екологічних та економічних ризиків. Наведені ризики є перешкодою на шляху досягнення сталого розвитку. За таких умов екологічна економіка виконує важливу роль у визначенні інструментів реалізації концепції сталого розвитку. Ця роль кореспондується із соціальним, економічним й екологічним напрямками реалізації сталого розвитку.



Рис. 8. Класифікація еколого-економічних інструментів реалізації сталого розвитку  
 Fig. 8. Classification of ecological and economic tools for sustainable development realization

На сьогодні необхідність запровадження ефективних інструментів екологічної економіки зумовлена багатьма чинниками: рівнем економічного розвитку, рівнем екологічної свідомості населення, забезпеченістю нормативно-правових актів тощо. Ефективні запровадження інструментів екологічної економіки для реалізації сталого розвитку можливі лише на основі належного нормативно-правового регулювання. В Україні основні еколого-економічні аспекти та важливість реалізації сталого розвитку відоб-

ражено у Конституції України (від 28.06.1996 р.), Законі України «Про охорону навколишнього природного середовища» (від 26.06.1991 р.), Законі України «Про основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року» (від 28.02.2019 р.), Законі України «Про охорону атмосферного повітря» (16.10.1992 р.), Кодексі України «Про надра» (від 27.07.1994 р.), Земельному кодексі України (від 25.10.2001 р.), Водному кодексі України (від 06.06.1995 р.), Лісовому кодек-

сі України (від 21.01.1994 р.), Законі України «Про рослинний світ» (від 09.04.1999 р.), Законі України «Про тваринний світ» (16.03.1993 р.), Законі України «Про природно-заповідний фонд України» (16.06.1992 р.), Законі України «Про затвердження Загальнодержавної програми розвитку мінерально-

сировинної бази України на період до 2030 року» (від 21.04.2011 р.), Законі України «Про екологічну експертизу» (від 09.02.1995 р.) та інші. Вважаємо, що влада зобов'язана не тільки ухвалювати закони у природоохоронній сфері, але й вимагати належного їх виконання.

Таблиця

**Порівняльна характеристика еколого-економічних інструментів реалізації сталого розвитку**  
*Table. Comparative characteristics of ecological and economic tools for sustainable development realization*

Назва інструменту	Характеристика	Переваги	Недоліки
1	2	3	4
Екологічний податок	Економічний, фіскальний, обов'язковий, другорядний, спеціальний, поширений, довготерміновий	Наповнення держбюджету і фондів охорони навколишнього природного середовища, стимулювання до зменшення обсягів викидів (скидів)	Недостатні розміри екологічного податку. Проблеми з точним визначенням обсягу емісій
Екологічні платежі	Економічний; ціноутворювальний (в умовах України – фіскальний), обов'язковий, безальтернативний, спеціальний; поширений, довготерміновий	Наповнення державного і місцевих бюджетів	Невідповідність плати за забруднення реально причиненим економічним збиткам нівелює дієвість цього інструменту
Екологічне страхування	Економічний, фінансово-інвестиційний, добровільний, другорядний, трансформований, рідко вживаний, довготерміновий	Фінансування екологічних збитків за рахунок страхового фонду, зменшення навантаження на держбюджет	Нерозвиненість ринку екологічного страхування
Екологічні фонди	Економічний, фінансово-інвестиційний, обов'язковий, пріоритетний, спеціальний, поширений, довготерміновий	Утворення спеціальних позабюджетних фондів охорони навколишнього природного середовища (місцевих і національного), призначених для фінансування заходів щодо охорони довкілля	Кошти, що нагромаджуються в екологічних фондах, настільки мізерні, що за їх рахунок неможливо здійснювати масштабні природоохоронні заходи
Податкові пільги	Економічний, стимулятивний, обов'язковий, другорядний, трансформований, поширений, довготерміновий	Зменшення податку на доходи підприємств, які виробляють екологічно чисту продукцію та використовують екологічнобезпечні технології у виробництві; зменшення забруднення довкілля відходами виробництва і споживання	В умовах корупційності чиновницького апарату вони ускладнюють формування державного, регіональних і місцевих бюджетів
Прискорена амортизація основних засобів природоохоронного призначення	Економічний, стимулятивний, обов'язковий, другорядний, трансформований, поширений, довготерміновий	Створює економічні передумови для прискореного оновлення та модернізації екологічно орієнтованих основних засобів і активізації інноваційної політики в екологічній сфері	Забезпечує переваги тільки для рентабельних підприємств

1	2	3	4
Екологічні субсидії	Економічний, фінансово-інвестиційний, обов'язковий, пріоритетний, спеціальний, поширений, довготерміновий	Фінансова підтримка екологічно спрямованих виробництв	Можуть стимулювати випуск екологічно «брудних» товарів, спричиняючи еколого-економічний збиток. Призводять до порушення дії цінового механізму та перешкоджають ефективному розподілу ресурсів
Торгівля дозволами на забруднення	Економічний, ринкоутворюючий, добровільний, пріоритетний, спеціальний, поширений, довготерміновий	Дає змогу кожному джерелу забруднення одержати свій вигравш, а суспільству – досягти встановленого рівня забруднення з меншими витратами. Рівномірно розподіляє граничні витрати для скорочення викидів на всю економіку	Потребує наявності достатньо розвинутого вуглецевого ринку; високі адміністративні витрати; приєднання до ЄС СТВ створює ризик того, що дешеві проекти скорочення викидів будуть швидко виснажені (Україна змушена реалізовувати скорочення викидів за вищу ціну за умови схвалення більш амбітної цілі в рамках пост-Киотської угоди)

Варто зазначити, що в процесі запровадження інструментів екологічної економіки потрібно враховувати можливість їх практичної реалізації; ефективність їх використання (наскільки ефективно вони будуть використовуватись, сприяти охороні та оздоровленню довкілля, раціональному використанню та відтворенню природних ресурсів тощо); витрати, пов'язані з їх забезпеченням та інше. Саме тому на всіх рівнях (глобальному, національному, регіональному та локальному), що утворюють функціональну систему екологічної економіки, необхідно створити такі умови, які сприяли б формуванню та реалізації пріоритетних інструментів екологічної економіки для сталого розвитку.

У нинішніх складних екологічних умовах рекомендовано вибирати пріоритетні інструменти екологічної економіки, тобто такі, які враховують національні еколого-економічні особливості, охорону, використання і відтворення природних ресурсів, стан національної економіки та екологічну безпеку населення. Світовий досвід і наукові обґрунтування свідчать про те, що для реалізації сталого розвитку потрібно використовувати різні підходи до формування та застосування інструментів екологічної економіки: пріоритетності інструментів, що забезпечують екологічну безпеку та добробут населення; інтеграції обов'язкових інструментів з добровільними; трансформації зовнішніх негативних екологічних ефектів у внутрішні (екологічні витрати); ранжування інструментів та інше (Кравців, 1999).

Необхідність створення ефективних інструментів екологічної економіки передбачає освітнє та наукове забезпечення екологічної економіки, належну підготовку фахівців для сталого розвитку, зміцнення інституціональної спроможності системи управління навколишнім природним середови-

щем, розвиток законодавства про охорону навколишнього природного середовища, удосконалення економічного та фінансового механізмів реалізації екологічної економіки, розвиток міжнародної еколого-економічної співпраці та інше.

Науково-методичний підхід до формування та застосування ефективних інструментів екологічної економіки передбачає еколого-економічне партнерство та залучення до процесу ухвалення рішень зацікавлених сторін: державних і місцевих органів управління; промисловців і підприємців; науковців та освітян; громадські організації, які готові добровільно взяти на себе відповідальність за реалізацію стратегічних рішень сталого розвитку.

Отже, аналізуючи сучасний еколого-економічний стан і динаміку суспільного розвитку, практична реалізація концепції сталого розвитку можлива тільки в разі вчасного розроблення та запровадження ефективних інструментів екологічної економіки. Інструменти екологічної економіки є основними засобами, на основі яких досягається мета сталого розвитку. Інструменти екологічної економіки – це сукупність певних засобів (організаційних, психологічних, політичних, правових та ін.), спрямованих на вирішення соціальних, екологічних та економічних проблем. Інструменти екологічної економіки потрібно розглядати як такі, що позитивно впливають на поведінку людини у всіх її сферах діяльності. Досвід показує, що застосування різних інструментів екологічної економіки не завжди забезпечує досягнення очікуваних результатів.

За останні 10-15 років кількість еколого-економічних інструментів, які використовують для охорони довкілля, раціонального природокористування, дотримання екологічної безпеки, забезпечення реалізації сталого розвитку, постійно зростає.

Сьогодні необхідно запроваджувати такі інструменти екологічної економіки, які забезпечили б перехід від споживацького способу, де природні умови і ресурси сприймаються лише як чинник, що впливає на розвиток економіки, до моделі сталого розвитку, де основна теоретична ідеологія – це задоволення потреб нинішнього покоління, не завдаючи при цьому шкоди можливостям майбутніх поколінь для задоволення їхніх власних потреб.

За нинішніх умов складної екологічної ситуації можна виділити такі еколого-економічні напрями щодо реалізації сталого розвитку: досягнення цілей сталого розвитку, які було затверджено на Саміті Організації Об'єднаних Націй зі сталого розвитку у 2015 р. у Нью-Йорку (США); досягнення збалансованого соціального, екологічного та економічного розвитку; інтегрування екологічних вимог під час розроблення і затвердження документів державного планування, галузевого (секторального), регіонального та місцевого розвитку; міжсекторальне партнерство і залучення зацікавлених сторін; екологічне убезпечення та підтримання екологічної рівноваги; забезпечення відповідальності за порушення природоохоронного законодавства; застосування принципів перестороги, превентивності (запобігання), пріоритетності усунення джерел шкоди довкіллю, «забруднювач платить»; стимулювання державою вітчизняних суб'єктів господарювання, які здійснюють скорочення викидів парникових газів, зниження показників енерго- та ресурсоемності, модернізацію виробництва, спрямовану на зменшення негативного впливу на навколишнє природне середовище; впровадження новітніх засобів і форм комунікацій та ефективної інформаційної політики у сфері охорони навколишнього природного середовища тощо (ВРУ, 2019).

**Дискусія (Discussion).** Результати наукового дослідження підтверджують важливість формування та застосування ефективних інструментів екологічної економіки, що передбачають еколого-економічне партнерство та залучення до процесу ухвалення рішень зацікавлених сторін (міждержавних, державних та місцевих органів управління, промисловців і підприємців та ін.), які готові взяти на себе відповідальність за практичну реалізацію концепції сталого розвитку. Актуальність науково-досліджуваної проблематики зумовлена низкою глобальних еколого-економічних проблем. Попередні наукові праці спрямовані на дослідження проблеми взаємин людини і довкілля (Costanza, 2016; Farley, 2018; Spash, 2020 та ін.), ефективності інструментів екологічної економіки (Hanaček, 2020; Kallis, 2010), реалізацію сталого розвитку (Pirgmaier, 2019) та сучасні аспекти застосування міждисциплінарної еколого-економічної системи (Kallis, 2010; Daly, 2016). Проте основним інструментом для втілення загальноновизнаної у світі концепції сталого розвитку є екологічна економіка. Парадигма екологічної економіки розглядає використання природних ресурсів та їх умов як процес суспільного виробництва загалом, а також як раціональне використання, відтворення та охорону при-

родних ресурсів і належних умов природного життєвого довкілля (Туниця, 2006). Отримані результати наукового дослідження дають змогу зрозуміти необхідність удосконалення нормативно-правової бази щодо реалізації сталого розвитку; вдосконалення шляхів запровадження інструментів екологічної економіки для реалізації концепції сталого розвитку, в яких було б враховано національні соціо-еколого-економічні особливості; охорона, використання і відтворення природних ресурсів, а також стан екологічної безпеки населення.

**Висновки (Conclusions).** Для вдосконалення шляхів запровадження інструментів екологічної економіки щодо реалізації концепції сталого розвитку необхідно врахувати низку науково обґрунтованих чинників. Оскільки сталий розвиток в Україні перебуває на етапі формування, то доцільно активізувати екологізацію освіти з метою підготовки фахівців для сталого розвитку. Екологізація освіти має бути новою ідеологією життєдіяльності.

Якщо найближчим часом людство не запровадить нові науково обґрунтовані підходи, інструменти, які забезпечують практичну реалізацію концепції сталого розвитку, то небезпечні тенденції у сфері деградації природного життєвого довкілля будуть поглиблюватись.

Для вдосконалення шляхів запровадження інструментів екологічної економіки необхідно врахувати національні соціо-еколого-економічні особливості, концептуальні засади охорони, використання і відтворення природних ресурсів, а також стан екологічної безпеки населення.

До шляхів запровадження інструментів екологічної економіки для реалізації концепції сталого розвитку потрібно віднести:

- удосконалення нормативно-правової бази для реалізації сталого розвитку та забезпечення її належного виконання, а також розвиток законодавства про охорону навколишнього природного середовища;
- освітнє та наукове забезпечення екологічної економіки, належну підготовку фахівців і формування системи професійної еколого-економічної компетентності відповідно до вимог концепції сталого розвитку;
- укріплення інституціональної спроможності системи управління навколишнім природним середовищем;
- удосконалення економічних і фінансових інструментів екологічної економіки для реалізації концепції сталого розвитку;
- розвиток міжнародної еколого-економічної співпраці щодо реалізації концепції сталого розвитку;
- посилення ролі держави щодо запровадження інструментів екологічної економіки для реалізації концепції сталого розвитку, яку має бути спрямовано на забезпечення належних контролюючих механізмів і невідворотності відповідальності за порушення законодавства та належної координаційної діяльності органів державної влади у сфері реалізації політики з питань сталого розвитку.

### Список літератури (References)

- ВРУ (2016). Закон України «Про ратифікацію Паризької угоди» № 1469-VIII. *Відомості Верховної Ради, № 35*, 595. [VRU (2016). Law of Ukraine «On ratification of the Paris Agreement» No. 1469-VIII. *Bulletin of Verkhovna Rada of Ukraine, No. 35*, p. 595. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1469-19#Text>] (in Ukrainian)
- ВРУ (2019). Закон України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року», № 2697-VIII. *Відомості Верховної Ради, № 16*, 70. [VRU (2019). Law of Ukraine «On the key foundations (strategy) of the state environmental Policy of Ukraine up to 2030», No. 2697-VIII. *Bulletin of Verkhovna Rada of Ukraine, 16*, 70. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2697-19#Text>] (in Ukrainian)
- ВРУ (2019). Указ Президента України «Про цілі сталого розвитку України на період до 2030 року», № 722/2019. [VRU (2019). Decree of the President of Ukraine “On the goals of sustainable development of Ukraine for the period up to 2030”, No. 722/2019. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/722/2019#Text>] (in Ukrainian)
- Гринів, Л. С. (2010). Екологічна економіка. Львів: Магнолія 2006 [Hryniv, L. S. (2010). *Ecological economy*. Lviv: Magnolia 2006] (in Ukrainian)
- Дубовіч, І. А. (2011). Сучасні еколого-економічні та правові проблеми реалізації концепції сталого розвитку. *Науковий вісник НЛТУ України, 21* (19), 213-218. [Dubovych, I. A. (2011). Modern ecological, economic and legal challenges of the sustainable development conception implementation. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University, 21* (19), 213-218. Retrieved from [https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2011/21\\_19/213\\_Dub.pdf](https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2011/21_19/213_Dub.pdf)] (in Ukrainian)
- Дубовіч, І. А. (2016). Екологізація економіки – основа формування та реалізації концепції сталого розвитку в прикордонних регіонах України і суміжних держав. *Наукові праці Лісівничої академії наук України, 14*, 231-235. [Dubovych, I. A. (2016). Greening of the economy as a foundation for sustainable development concept formulation and implementation within the border of Ukraine and neighboring countries regions. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, 14*, 231-235. Retrieved from <http://fasu.nltu.edu.ua/index.php/nplanu/article/view/73/43>] (in Ukrainian)
- Єлісеєва, Л. В. Стрільчук, Р. С., Стрішенець, О. М. (2015). *Еколого-економічні засади раціонального природокористування: теорія та практика реалізації*. Луцьк: Вежа-Друк [Eliseeva, L. V. Strilchuk, R. S., & Strishenets, O. M. (2015). *Ecological and economic principles of rational nature management: theory and practice of realization*. Lutsk: Tower-Print. Retrieved from <https://core.ac.uk/download/pdf/153581002.pdf>] (in Ukrainian)
- Жарова, Л. В. (2006). Механізм забезпечення устойчивого просторового розвитку. *Механізм регулювання економіки, 3*, 40-47. [Zharova, L. V. (2006). Mechanism for ensuring sustainable spatial development. *Economic regulation mechanism, 3*, 40-47. Retrieved from [https://www.researchgate.net/publication/236165013\\_Mehanizm\\_obespechenia\\_ustojcivogo\\_prostranstvennogo\\_razvitiia](https://www.researchgate.net/publication/236165013_Mehanizm_obespechenia_ustojcivogo_prostranstvennogo_razvitiia)] (in Ukrainian)
- Караєва, Н. В., Коран, Р. В., Коцко, Т. А. (2008). *Сталий розвиток: еколого-економічна оптимізація територіально-виробничих систем*. Суми: ВТД «Університетська книга» [Karaeva, N. V., Koran, R. W., & Koczo, T. A. (2008). *Sustainable development: ecological and economic optimization of territorial production systems*. Sumy: VTD “University Book”] (in Ukrainian)
- Кононенко, О. Ю. (2016). *Актуальні проблеми сталого розвитку*. Київ: ДП «Прінт сервіс» [Kononenko, O. Yu. (2016). Current issues of sustainable development. Kyiv: Print Service. Retrieved from [https://geo.knu.ua/images/doc\\_file/navch\\_lit/posibnik\\_Kononenko.pdf](https://geo.knu.ua/images/doc_file/navch_lit/posibnik_Kononenko.pdf)] (in Ukrainian)
- Концепція переходу України до сталого розвитку (2018). [The concept of Ukraine's transition to sustainable development (2018). Retrieved from: <http://www.mns.gov.ua/laws/laws/nuclear/92.htm>] (in Ukrainian)
- Кравців, В. С. (1999). Екологічна безпека як об'єкт регіональної політики. *Регіональна економіка, 1*, 124-135. [Kravtsiv, V. S. (1999). Environmental security as an object of regional policy. *Regional economy, 1*, 124-135] (in Ukrainian)
- Мельник, Л. Г. (2005). *Основи стійкого розвитку*. Суми : Університетська книга [Melnik, L. G. (2005). *Fundamentals of sustainable development*. Sumy: University book] (in Ukrainian)
- Стегней, М. І. (2015). Фінансова складова економічного механізму формування збалансованого природокористування. *Науковий вісник Херсонського державного університету, 12*, 141-143. [Stehney, M. I. (2015). The financial component of the economic mechanism for the formation of balanced nature management. Kherson: *Scientific Bulletin of Kherson State University, 12*, 141-143. Retrieved from [http://www.ej.kherson.ua/journal/economic\\_12/141.pdf](http://www.ej.kherson.ua/journal/economic_12/141.pdf)] (in Ukrainian)
- Туниця, Ю. Ю. (2006). *Екоеконіміка і ринок: подолання суперечностей*. Київ: Знання [Tunytysya, Yu. Yu. (2006). *Ecoeconomics and the market: overcoming contradictions*. Kyiv: Knowledge] (in Ukrainian)
- Чернова, Т. Л. (2013). Еколого-економічні принципи сталого розвитку національної економіки. *Економіка та держава, 5*, 63-66. [Chernova, T. L. (2013). Ecological and economic principles of sustainable development of the national economy. *Economy and State, 5*, 63-66. Retrieved from: [http://www.economy.in.ua/pdf/5\\_2013/18.pdf](http://www.economy.in.ua/pdf/5_2013/18.pdf)] (in Ukrainian)
- Шлапак, М. (2017). Що таке екологічна економіка? Огляд книги Herman E. Daly & Joshua Farley “Ecological Economics. Principles and applications” [Shlapak, M. (2017). What is an ecological economy? Review of the book by Herman E. Daly & Joshua Farley

- “Ecological Economics. Principles and applications” Retrieved from: <https://ecoclubua.com/2017/12/scho-take-ekolohichna-ekonomika/> (in Ukrainian)
- Яценко, Л. (2012). *Напрямки державної політики щодо екологізації національної економіки. Аналітична записка*. Київ: Національний інститут стратегічних досліджень [Yatsenko, L. (2012). *Directions of state policy on the greening of the national economy. Analytical note*. Kyiv: National Institute for Strategic Studies. Retrieved from: <https://niss.gov.ua/doslidzhen-nya/nacionalna-bezpeka/napryamki-derzhavnoi-politiki-schodo-ekologizacii-nacionalnoi/>] (in Ukrainian)
- Anderson, B., & M’Gonigle, M. (2012). Does ecological economics have a future?: Contradiction and reinvention in the age of climate change. *Ecological Economics*, 84, 37-48. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2012.06.009>
- Balint, T., Lamperti, F., Mandel, A., Napoletano, M., Roventini, A., & Sapio, A. (2017). Complexity and the economics of climate change: a survey and a look forward. *Ecological Economics*, 138, 252-265. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.03.032>
- Costanza, R., Howarth, R. B., Kubiszewski, I., Liu, S., Ma, C., Plumecocq, G., & Stern, D.I. (2016). Influential publications in ecological economics revisited. *Ecological Economics*, 123 (C), 68-76. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2016.01.007>
- Daly, H.E. (2016). Growthism: A cold war leftover. *Real World Economics Review*, 26-29. Retrieved from: <http://www.paecon.net/PAERreview/issue77/Daly77.pdf>
- Daly, H. & Farley, J. (2004). *Ecological Economics. Principles and applications*. Washington: Island Press.
- Dittrich, R., Wreford, A., & Moran, D. (2016). A survey of decision-making approaches for climate change adaptation: Are robust methods the way forward?. *Ecological Economics*, 122, 79-89. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2015.12.006>
- Farley, J., & Washington, H. (2018). Circular Firing Squads: A Response to ‘The Neoclassical Trojan Horse of Steady-State Economics’ by Pirgmaier. *Ecological Economics*, 147, 442-449. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/journal/ecological-economics/vol/147/suppl/C>
- Giampietro, M. (2019). On the Circular Bioeconomy and Decoupling: Implications for Sustainable Growth. *Ecological Economics*, 162, 143-156. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2019.05.001>
- Hanaček, K., Roy, B., Avila, S., & Kallis, G. (2020). Ecological economics and degrowth: Proposing a future research agenda from the margins. *Ecological Economics*, 169, 106495. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2019.106495>
- Kallis, G., & Norgaard, R.B. (2010). Coevolutionary ecological economics. *Ecological Economics*, 69 (4), 690-699. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.09.017>
- Nadeau, R.L. (2015). The unfinished journey of ecological economics. *Ecological Economics*, 109, 101-108. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2014.11.002>
- Pirgmaier, E., & Steinberger, J.K. (2019). Roots, Riots, and Radical Change – A Road Less Travelled for Ecological Economics. *Sustainability*, 11 (7), 2001. <https://doi.org/10.3390/su11072001>
- Soloviy, V., & Dubovich, I. (2020). Urban Governance and Decision-making under Climate Change: a Critical Review of Frameworks, Methods and Tools from the Perspectives of Ecological Economics and Sustainability Science. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 20. <https://doi.org/10.15421/412017>
- Spash, C.L. (2013). The shallow or the deep ecological economics movement? *Ecological Economics*, 93, 351-362. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2013.05.016>
- Spash, C.L. (2020). A tale of three paradigms: Realising the revolutionary potential of ecological economics. *Ecological Economics*, 169, 106518. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2019.106518>

### Ecological Economics: a tool for implementing the concept of sustainable development

I. Dubovich<sup>1</sup>, A. Adamovsky<sup>2</sup>,  
K. Vasylyshyn<sup>3</sup>, O. Perkhach<sup>4</sup>, Yu. Volkovska<sup>5</sup>,  
N.-M. Petrețchi<sup>6</sup>

Among the main problems of mankind, a special place is occupied by the protection, use, and renovation of natural resources, as well as ensuring the environmental safety of the population.

The development of production and the growth of economic activity, in which mankind uses more and more natural resources, lead to increased anthropogenic pressure on the environment.

Nowadays, the attitude of the majority of the world’s population towards nature is of definitely consumerist character, where natural conditions and natural resources are perceived only as a factor influencing economic development. This approach of society is wrong and leads to the environment degradation, large-scale biological disasters, deterioration of the quality of life and health of the population.

Mankind’s consumer attitude towards nature and its resources in recent years has led to global environmental problems. The natural living conditions of the population in most regions of the world remain extremely difficult. The current generation is almost the first to experience extremely complex environmental and economic problems.

The problems of the natural living environment are gradually aggravated, therefore it is necessary to develop and take specific environmental and economic measures to eliminate them, to devise new tools that



ensure the practical implementation of the sustainable development concept.

Since the main goals of sustainable development are to ensure dynamic socio-economic growth, environmental quality, and rational use of natural resources, the priority is to implement the principles of ecological economics, aimed at environmentally friendly management, which contributes to the achievement of high economic and social results while protecting and improving quality of the natural environment, rational use and reproduction of natural resources.

Effective protection, rational use and reproduction of natural resources, as well as ensuring environmental safety and creating favourable natural conditions for the life of present and future generations can only be achieved through proper training of specialists and formation of a system of professional environmental and economic competence in line with the requirements of the sustainable development concept. The ecological-economic competence of specialists provides an opportunity to develop and implement appropriate, science-based tools for implementing the sustainable development concept.

The main tool for implementing the globally recognized concept of sustainable development is ecological economics. The paradigm of ecological economics considers the use of natural resources and natural conditions as a process of social production as a whole, as well as the rational use, reproduction and protection of natural resources and appropriate conditions of the natural environment.

In the current difficult environmental conditions, it is necessary to choose the priority instruments of the ecological economics, that is, those that take into account national ecological and economic characteristics, protection, use and reproduction of natural resources, the state of the national economy, and the environmental safety of the population.

Today, it is necessary to introduce such tools of ecological economics that would ensure the transition from the consumer method, where natural conditions and resources are perceived only as a factor influencing the development of the economy, to a sustainable development model, where the main theoretical ideology is to meet the needs of the current generation without compromising the ability of future generations to meet their own needs.

If in the near future humanity does not introduce new science-based approaches and tools that ensure the practical implementation of the sustainable development concept, the dangerous trends in the field of environmental degradation will deepen.

To objectively assess the awareness and attitude of Ukraine's population towards the development of ecological economics and understanding of the concept of sustainable development, a socio-economic study was conducted which showed that the majority of Ukrainian citizens (84%) consider that ecological economics is the main tool for sustainable development. The majority of respondents (87%) consider that economic development should be based

on the theoretical and methodological basis of the concept of sustainable development.

Conceptual provisions for improving economic development have been established, based on the principles of ecological economics and the model of sustainable development.

Substantiated is the necessity of strengthening the role of the state in the development of the environmental economics and practical implementation of sustainable development, aimed at ensuring appropriate control mechanisms and the inevitability of responsibility for violations of the law and proper coordination of public authorities in implementing sustainable development policy.

The classification and comparative characteristics of ecological and economic instruments for the implementation of sustainable development are proposed.

Proposals have been made to improve the ways of introducing the tools of ecological economics for the implementation of the concept of sustainable development.

**Key words:** natural conditions; protection of natural resources; natural living environment; rational use of natural resources; ecological safety; economic development; ecological and economic systems; zone of ecological catastrophe; anthropogenic pressure on the environment; biological catastrophes.

<sup>1</sup> *Ion Dubovich* – Corresponding Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Candidate of Geographical Sciences, Specialist in International Law, Professor, Head of the Department for Ecological Economics and Business. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. E-mail: iondubovici@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3719-7957>

<sup>2</sup> *Alexander Adamovsky* – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Deputy Director of Institute of Ecological Economics and Management. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. Tel: +38-063-263-87-76. E-mail: adamchic@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3515-4635>

<sup>3</sup> *Khrystyna Vasylyshyn* – PhD in Economic science, Senior lecturer at the Department of Ecological Economics and Business. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: +38-098-392-16-48. E-mail: kvasylyshyn@ntlu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2881-233X>

<sup>4</sup> *Oksana Perkhach* – PhD in Geographical Sciences, Associate Professor of Rational Use of Natural Resources and Nature Protection. Faculty of Geography, Ivan Franko National University of Lviv, 41 Petro Doroshenko st., Lviv, 79000, Ukraine. Tel.: +38-096-509-82-84. E-mail: oxana.perkhach@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5702-9048>

<sup>5</sup> *Yuliia Volkovska* – Postgraduate student at the Department of Ecological Economics and Business. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: +38-098-172-78-60. E-mail: juliane.lviv@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2594-8864>

<sup>6</sup> *Nicolae-Miroslav Petrețchi* – Specialist in Economics, Accounting and Administrative Law. President of the Union of Ukrainians in Romania, Bucharest, Sector 1, 15 Radu Popescu st., 012217, Romania. Tel.: +40766818025. E-mail: petrețchi@ntlu.lviv.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8295-1752>



<http://fasu.nltu.edu.ua>  
<https://doi.org/10.15421/412134>  
 Article received 2021.06.23  
 Article accepted 2021.12.29

ISSN 1991-606X print  
 ISSN 2616-5015 online  
 @ ✉ Correspondence author  
 Halyna Stryamets  
[galina.stryamets@gmail.com](mailto:galina.stryamets@gmail.com)  
 7 Sichovykh Striltsiv st., Ivano-Frankove, Lviv region,  
 81070, Ukraine

УДК 551.506.3:551.584.2(477.83)

## Оцінка кліматичних тенденцій в Українському Розточчі за результатами динаміки плювіотермічних умов

Г. В. Стрямець<sup>1</sup>, Т. Р. Прикладівська<sup>2</sup>, В. О. Гребельна<sup>3</sup>, О. С. Скобало<sup>4</sup>, Н. М. Ференц<sup>5</sup>

*Метеорологічними спостереженнями за період 2005-2020 рр. на метеостанції Природного заповідника «Розточчя» (49°55'N 23°45'E) встановлено загальні тенденції у динаміці головних кліматичних факторів – температури повітря і кількості опадів.*

*Аналіз місячних і сезонних параметрів опадів і температур повного шістнадцятирічного періоду показав, що сучасний клімат цієї території зазнав помітних змін порівняно з кліматом першої половини ХХ ст. (дані метеостанції Рава-Руська у північній частині Українського Розточчя – 50°14'N 23°37'E). Особливо відчутні зміни зафіксовано за останній п'ятирічний період 2016-2020 років. Відбулось істотне підвищення температури, яка за весь досліджуваний період піднялась на 2,2°C, а за останні п'ять років – на 3,2°C. Суми літніх активних температур (більше 10°C) за період 2005-2020 рр. збільшились на 15%, за 2016-2020 рр. – на 18%, а у посушливі 2015, 2017, 2019 роки ці показники зросли на 27-36%. При загальному збільшенні кількості опадів за досліджуваний період на 3,6%, відбувся несприятливий перерозподіл вологи по календарних сезонах року за рахунок зменшення її кількості у період вегетації і збільшення у холодну пору року. Якщо за архівними даними минулого століття літні опади становили 40% від річної кількості, то за період 2005-2020 рр. ця частка зменшилась до 33%, а за останнє п'ятиріччя – до 30%; відбулось не тільки зменшення літньої кількості дощів, але й зміщення їх піку з липня місяця на травень. Гідротермічний коефіцієнт Г. Т. Селянінова за літні місяці 2005-2020 рр., порівняно з архівними даними, зменшився з 1,9 до 1,4; а по окремих літніх місяцях 2015, 2017 і 2019 років цей показник змінювався від мінімальних декадних значень у 0,01 до середніх місячних – від 0,1 до 0,9.*

*Наведені вперше для цієї території кліматичні діаграми наглядно демонструють динаміку плювіотермічних умов регіону, тобто зміни річного ходу кривих обох головних кліматичних факторів – опадів і температур. Кліматичні діаграми аномально сухих 2015, 2017 і 2019 років в Українському Розточчі нагадують середземноморський тип клімату зі значною зволоженістю перехідних сезонів і дефіцитом вологи в теплу пору року, коли літній максимум температур накладається на мінімум опадів. Виявлений дисбаланс у взаємозв'язку «температура – волога», особливо в останній п'ятирічний період, свідчить про дефіцит вологи, необхідної для розвитку рослин, і тенденцію трансформації клімату від м'якого гумідного до теплішого аридного.*

**Ключові слова:** Природний заповідник «Розточчя»; метеостанція; типи клімату; температури повітря; опади; кліматичні діаграми; зміни клімату; аномальні кліматичні роки.

<sup>1</sup> Стрямець Галина Володимирівна – кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, заступник директора з наукової роботи. Природний заповідник «Розточчя», вул. Січових Стрільців, 7, смт. Івано-Франкове, Яворівський р-н, Львівська обл., 81070, Україна. Тел.: +38-032-59-333-91. E-mail: galina.stryamets@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2491-6465>

<sup>2</sup> Прикладівська Тетяна Річардівна – кандидат сільськогосподарських наук, інженер першої категорії відділу благоустрою та репродукції рослин Ботанічного саду. Національний лісотехнічний університет України, вул. генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-032-237-88-20. E-mail: prikladivska\_tet@i.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0265-0651>

<sup>3</sup> Гребельна Валентина Омелянівна – молодший науковий співробітник. Природний заповідник «Розточчя», вул. Січових Стрільців, 7, смт. Івано-Франкове, Яворівський р-н, Львівська обл., 81070, Україна. Тел.: +38-032-59-333-91. E-mail: zaproz25@gmail.com

<sup>4</sup> Скобало Оксана Степанівна – молодший науковий співробітник. Природний заповідник «Розточчя», вул. Січових Стрільців, 7, смт. Івано-Франкове, Яворівський р-н, Львівська обл., 81070, Україна. Тел.: +38-032-59-333-91. E-mail: zaproz25@gmail.com

<sup>5</sup> Ференц Наталія Михайлівна – старший науковий співробітник. Природний заповідник «Розточчя», вул. Січових Стрільців, 7, смт. Івано-Франкове, Яворівський р-н, Львівська обл., 81070, Україна. Тел.: +38-032-59-333-91. E-mail: natfer@ukr.net

**Вступ (Introduction).** Однією із особливостей сучасного індустріального етапу розвитку людства є його масштабний антропогенний вплив на живу природу. Дослідженнями встановлено, що найбільш чутливим компонентом природних екосистем виявився рослинний світ, в якому, у випадку знищення первозданих умов місцезростання, під загрозою опиняться понад 100 тис. видів. Прогнозують, що впродовж століття у різних куточках планети може зникнути 17-35% видів, а на території Європи свій ареал можуть скоротити до 50% рослин. Протягом останніх десятиріч дедалі вагомішу частку у цих деструктивних процесах займають кліматичні зміни, вивченню і прогнозуванню яких надають уваги більшість економічно розвинених країн планети. Відповідно до загальноновизнаних світових стратегій (різноманітні програми ООН, зокрема і безпрецедентний за своїми масштабами Coupled Model Intercomparison Project) в Україні ведеться нагромадження та опрацювання фактичних даних стосовно змін клімату в різних природних зонах усієї території на основі десятків державних метеостанцій та безлічі інших вимірювальних пунктів нижчого статусу. Отримані результати свідчать, що річна температура в Україні підвищується відповідно до річної глобальної, а саме, середня річна температура за останні 100 років зросла на 0,7°C, температура січня – на 1,5-2,5°C, а прогнозоване підвищення температур в зимовий період у XXI ст. становитиме від 2,2 до 4,6°C. Разом з тим, за оцінкою Міжурядової групи експертів зі зміни клімату (Intergovernmental Panel on Climate Change), Україна не належить до найуразливіших до глобального потепління регіонів нашої планети; але ті зміни, які очікуються згідно прогнозів, будуть достатньо істотними і впливатимуть на стан навколишнього середовища. Так, літні сезони у другій половині XXI ст. будуть відносно посушливими, 70% території потерпить від нестачі води, а найсуттєвішу форму кліматичного впливу будуть мати екстремальні погодні умови та явища в коротких проміжках часу і саме вони можуть призвести до відчутніших наслідків, ніж поступові тривалі зміни (Marinelli, 2006; Mager, Kasprovicz, & Farat, 2009; Дідух, 2009; Żmudzka, 2009; Woś, 2010; Паламарчук та ін., 2010; Кульбіда, Барабаш, Єлістратова, 2011; Hickler et al., 2012; Sulikowska, Wypych, Ustrnul, & Czekierda, 2016; Прокopenko, Удова, 2017; Wypych, Sulikowska, Ustrnul, & Czekierda, 2017b; Lavaysse et al., 2018).

Оскільки клімат, як сума всіх метеорологічних факторів, визначає формування та поширення рослинності в широкому та регіональному вимірах, поглиблене вивчення будь-яких природних комплексів повинно базуватись на довготривалому моніторингу за станом навколишнього середовища, невід'ємною базовою частиною якого є метеорологічна ситуація. Зазвичай приймається, що критичними кліматичними факторами, які впливають на ріст і розвиток рослин, є доступні для рослинних організмів тепло і вода. При цьому надати загальну характеристику клімату практично можливо,

якщо відомі добовий, місячний і сезонний режими опадів і температур повітря, тобто пльовіотермічні умови (Одум, 1975; Вальтер, 1982; Спурр, Барнес, 1984; Ziernicka-Wojtaszek, 2020a та ін.). Тому, спостереження навіть за таким обмеженим переліком наведених вище метеорологічних факторів, яке здійснюють впродовж тривалого періоду, дає можливість отримати достатні дані для характеристики клімату й оцінки його впливу на природу конкретного регіону. Особливо важливим є вивчення цих процесів на заповідних територіях, де вплив людини умовно можна вважати мінімальним, а охорона рідкісних і зникаючих видів потребує не тільки загальноновизнаних організаційних заходів, але й глибокого розуміння взаємозв'язків рослинних угруповань з оточуючим середовищем.

Природний заповідник «Розточчя» (ПЗ «Розточчя») створено у 1984 р. на площі 2085 га. Він знаходиться в межах фізико-географічного регіону Розточчя, яке є частиною Головного Європейського вододілу і розташоване на прикордонних територіях України та Польщі. Розточчя, як важлива складова Всеєвропейської екологічної мережі природоохоронних об'єктів, включене до багатьох міжнародних науково-дослідних програм. На сьогодні на частині Українського Розточчя знаходиться 22 об'єкти природно-заповідного фонду України загальною площею понад 22 тис. га, що складає 22% його території. ПЗ «Розточчя» є єдиним на Львівщині об'єктом найвищого рангу заповідання, а його ландшафти, як і ландшафти Польського Розточчя, переважно представлені унікальними лісовими масивами з різноманітною та рідкісною флорою і фауною (Природа Львівської області, 1972; Бовт, Стрямець, 2008; Komornicki, & Miszczuk, 2010; Maciejewski, & Szważrzyk, 2011; Цебриков, Грабовський, Каламуцька, Каламуцький, 2015; Львівська область..., 2018; Maciejewski, Maciejewska, & Szważrzyk, 2019).

Власна метеостанція, розташована в межах заповідника (49°55'N 23°45'E), дає змогу отримати дані, які максимально відповідають саме тій території, яка є об'єктом проведення комплексу різноманітних досліджень, і на належному рівні здійснювати системний екологічний моніторинг природних екосистем. Спостереження за погодою проводять з 1991 р., а їх результати відображено у Літописі природи ПЗ «Розточчя» та серії наукових статей (Косик, Скобало, 2006; Скобало, Горбань, Гребельна, 2013; Стрямець, Гребельна, Скобало, Стрямець, 2018; Стрямець, Гребельна, Скобало, 2021).

*Метою роботи* є аналіз пльовіотермічних (лат. *pluvia* – дощ) умов, тобто взаємозв'язку температур повітря з кількістю і характером атмосферних опадів, їх багаторічної, річної та сезонної динаміки в Українському Розточчі за період 2005-2020 років. *Об'єктом досліджень* були метеодані, отримані на метеостанції ПЗ «Розточчя» за період 2005-2020 років. *Предмет дослідження* – локальні прояви зміни клімату в регіоні Українського Розточчя.

**Об'єкти та методика досліджень (Objects and methods).** Метеодані, отримані на метеостанції ПЗ «Розточчя» за період 2005-2020 рр., включали такі показники: місячні середні, максимальні та мінімальні температури повітря, суми фізіологічно активних температур; місячні суми опадів; середньорічні температури повітря і суми опадів; середньомісячні температури та суми опадів за календарними сезонами року. За отриманими метеоданими надано комплексну оцінку взаємодії головних кліматичних факторів (температури повітря і атмосферних опадів) і встановлено тенденції змін клімату в умовах досліджуваного регіону.

Метеорологічні спостереження здійснювали за загальноприйнятими методиками і відображали у Літописах природи заповідника згідно відповідних рекомендацій (Андрієнко та ін., 2002; Аргучинцева, 2007; Літопис природи ПЗ «Розточчя», 2005-2020). Опрацювання та аналіз даних виконували у двох напрямках: 1) *за періодами*: повний період – 2005-2020 рр., останнє десятиріччя – 2011-2020 рр. та останнє п'ятиріччя – 2016-2020 рр.; 2) *за окремими роками*, для чого було вибрано роки, які мали максимальні відхилення температур і опадів від середніх даних, а тому їх оцінювали як аномальні. Зокрема, особливу увагу приділили рокам з екстремальними метеоданими – найхолоднішому 2005-му, найвологішому 2010-му та найсухішому і найтеплішому 2019-му.

Для визначення типу клімату регіону досліджень використано класифікацію, запропоновану В. Кеппеном (Köppen, W.), а, саме, її варіант 1954 р., доопрацьований Р. Гейгером (Geiger, R.), згідно якої клімат класифіковано за трьома кодовими буквами: перша вказує на приналежність до однієї з п'яти зон зимової температури, друга – до сезонного ходу дощових опадів, а третя – до однієї з трьох зон літньої температури (Блютген, 1973). Для детальнішої характеристики клімату, окрім визначення типу клімату та розгляду показників температур і опадів, додатково визначали низку параметрів із застосуванням наступних методик інших авторів: *межа посушливості для України за Г. Вільгельмі (Wilhelmy, H., 1944), індекс аридності за де Мартонном (de Martonne, E., 1926), фактор дощу за Р. Лангом (Lang, R., 1915), гідротермічний коефіцієнт за Ф. Баньюлем і Г. Госсеном (Vagnouls, F., Gaussen, H., 1957)*. Всі наведені вище показники цитовано на основі двотомної монографії Й. Блютгена (Blüthgen, J. "Algemeinene Klimageographie", 1966) у російському перекладі 1972-73 рр. (Блютген, 1972, 1973). Крім того, для аналізу забезпечення рослин вологою впродовж періоду вегетації вираховували *суми фізіологічно активних температур* (вище 10°C) та *гідротермічний коефіцієнт (ГТК) за методикою Г. Т. Селянінова* (Селянінов, 1937, 1966).

Для інтегрального візуального зображення клімату за допомогою показників температури повітря та атмосферних опадів використано *метод кліматичних діаграм* (у спеціальній літературі переважно використовують скорочені назви – кліма-

грама, кліматограма, клімадіаграма; англійською мовою – Climograph). Для тривалих багаторічних періодів застосовано загальноприйнятую методикою Госсена-Вальтера (Gaussen, H., & Walter, H.), а для періодів 2011-2020 рр. та 2016-2020 рр. і окремих аномальних років додатково наносили криву опадів за методикою Г. Т. Селянінова для степових районів (Селянінов, 1937). З метою детальнішого аналізу отриманих даних було виконано їх порівняння з багаторічними архівними даними за першу половину ХХ ст., які наведено в «Агрокліматичному довіднику по Львівській області» за 1959 рік. Для цього обрано метеостанцію Рава-Руська, яка знаходиться у північній частині Українського Розточчя (50°14'N 23°37'E) і відзначається кліматичними умовами, що максимально наближені до умов території ПЗ «Розточчя». Крім того, для більш наочного відображення не тільки сучасного стану клімату Українського Розточчя, але й аргументованого прогнозу тенденцій його змін, наведено дані багаторічних метеоспостережень для Степової природної зони України (по метеостанціях Маріуполь та Асканія-Нова) і Півдня Європи (по метеостанціях французького м. Авіньйон та італійського м. Флоренція).

**Результати (Results).** Клімат регіону досліджень є перехідним від помірно-морського західноєвропейського до помірно-континентального східноєвропейського. Його достатня зволоженість, зумовлена перенесенням західних атлантичних повітряних мас, спричиняє вологу хмарну погоду, незначну амплітуду сезонних температур, помірно тепле літо та м'яку зиму (Агрокліматичний довідник..., 1959; Природа Львівської області, 1972; Львів. Комплексний атлас, 2012; Львівська область: природні умови та ресурси, 2018).

Відповідно до класифікації В. Кеппена і Р. Гейгера, за архівними метеоданими Рави-Руської територія Українського Розточчя належить до вологого континентального клімату з теплим літом: середня температура найхолоднішого місяця нижче ніж -3°C, а середня температура найтеплішого місяця не перевищує +22°C, тобто середньомісячна зимова температура не піднімається вище ніж -3°C (табл. 1). Кодове позначення цього типу клімату – Dfb.

Аналіз динаміки температури повітря у регіоні досліджень за тривалі періоди спостережень вказує на тенденцію стабільного зростання температур. Так, за досліджуваний період 2005-2020 рр. середньорічна температура повітря, порівняно з архівними даними, збільшилась на 2,2°C, а за останнє п'ятиріччя – на 3,2°C (табл. 2, 3, 4), причому зростання відбулось у всі пори року, а максимальні показники зафіксовані взимку – на 3,4°C.

Відсутніх змін зазнав також і режим зволоження. Хоча середньорічна кількість опадів у дослідні періоди або залишалась майже на рівні архівних даних, або незначно зростала, основні зміни відбулись у перерозподілі кількості опадів за сезонами року: збільшилась їхня частка у холодну пору року і зменшилась – у теплий сезон (табл. 5, 6). Так, за результатами трьох проаналізованих періодів кіль-

кість зимових опадів зросла від 14,4 до 19,2-20,9%, а от кількість літніх опадів відповідно зменшилась – з 40,4 до 33,2-29,8% від їхньої річної кількості. Порівняння балансу вологи за період інтен-

сивної вегетації показує, що найвідчутніші зміни відбулись наприкінці літа – за останнє десятиріччя кількість опадів у серпні зменшилась майже вдвічі.

Таблиця 1

**Температури та опади по метеостанції Рава-Руська за період тривалих спостережень**

*Table 1. Average temperatures and precipitation of the Rava-Ruska weather station (in the first half of the XX century)*

Метеостанція: Рава-Руська / Rava-Ruska

Країна: Річ Посполита Польська – Українська РСР – Україна / Ukraine

Координати: 50°14'N 23°37'E

Висота над рівнем моря: 240 м

Тривалість спостережень: дані різних дат і періодів від 1904 до 1957 років

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
t, °C	-4,1	-3,4	1,3	7,0	13,2	15,9	17,3	16,4	12,4	7,5	2,1	-2,3	Сер. 6,9
г, мм	30	34	38	53	74	100	106	84	58	53	48	40	Σ = 718

Таблиця 2

**Температури і опади по метеостанції ПЗ «Розточчя» за період 2005-2020 років**

*Table 2. Average temperatures and precipitation according to the Roztochya Nature Reserve weather station (for the 2005-2020 period)*

Метеостанція: ПЗ «Розточчя» / Roztochya Nature Reserve

Країна: Україна / Ukraine

Координати: 49°55'N 23°45'E

Висота над рівнем моря: 290 м

Роки спостережень: 2005-2020

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
t, °C	-2,3	-1,0	3,2	9,7	14,2	18,2	19,7	19,2	14,6	8,9	4,3	0,7	Сер. 9,1
г, мм	50,7	38,2	46,7	41,9	108,7	86,5	98,5	61,9	60,0	50,0	47,2	54,2	Σ = 744,3

Роки спостережень: 2011-2020

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
t, °C	-2,1	-0,8	3,6	9,9	14,2	18,6	19,6	19,6	15,1	9,2	4,4	1,6	Сер. 9,4
г, мм	49,3	36,7	39,5	40,6	107,2	95,1	88,1	45,9	57,5	53,9	41,3	58,7	Σ = 713,6

Роки спостережень: 2016-2020

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
t, °C	-2,1	-1,1	4,2	10,4	14,0	19,3	19,3	19,8	15,7	9,7	4,3	1,4	Сер. 10,1
г, мм	37,3	42,4	30,4	40,2	113,9	90,1	86,5	41,5	66,4	67,3	42,5	73,4	Σ = 731,9

Детальнішу ситуацію літнього дефіциту вологи на фоні зростання температур дають показники сум фізіологічно активних температур (вище 10°C) та гідротермічні коефіцієнти, які у нашому випадку вираховувано за методиками Баньюля-Госсена та Г. Т. Селянінова.

Ф. Баньюль і Г. Госсен використали середньомісячні показники опадів (мм) і температури (°C), до котрих застосували формулу:

$$r = 2t,$$

що дало змогу виділяти, як сухі, ті місяці, в яких  $r < 2t$ .

Гідротермічний коефіцієнт Г. Т. Селянінова – це відношення кількості опадів ( $\Sigma R$ ) у мм за період з температурами вище 10°C до суми температур ( $\Sigma t$ ) за той же час, яка зменшена у 10 разів:

$$ГТК = \frac{\Sigma R}{0,1 \Sigma t}.$$

Значення коефіцієнта вище 1,0 свідчить про достатнє зволоження, значення від 1,0 до 0,5 – про недостатнє, а значення нижче 0,5 – про сухість клімату.

**Температури і опади по метеостанції ПЗ «Розточчя» за аномальні  
2005, 2007, 2010, 2015, 2017, 2019 роки**

*Table 3. Average temperatures and precipitation according to the Roztochya Nature Reserve weather station for anomalous years 2005, 2007, 2010, 2015, 2017, 2019*

Метеостанція: ПЗ «Розточчя» / Roztochya Nature Reserve

Країна: Україна / Ukraine

Координати: 49°55'N 23°45'E

Висота над рівнем моря: 290 м

Рік спостережень: 2005

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
t, °C	-0,6	-2,3	0,0	8,8	13,4	15,6	18,6	17,5	14,4	8,7	2,7	-0,8	Сер. 8,0
г, мм	52,5	37,1	66,2	50,4	93,3	49,3	76,9	78,9	45,6	28,9	75,8	54,3	Σ = 709,2

Рік спостережень: 2007

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
t, °C	3,3	-0,1	6,3	8,6	15,3	19,1	19,6	19,2	12,3	8,1	0,7	-2,4	Сер. 9,2
г, мм	87,3	50,8	43,2	12,9	71,1	92,7	95,9	43,5	69,3	34,0	57,0	21,1	Σ = 678,8

Рік спостережень: 2010

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
t, °C	-7,1	-2,1	3,1	9,6	15,0	18,3	20,8	20,0	12,5	5,6	6,9	-3,7	Сер. 8,2
г, мм	48,8	53,0	33,4	28,4	202,9	97,6	164,1	116,5	106,8	16,8	49,5	80,5	Σ = 998,3

Рік спостережень: 2015

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
t, °C	0,2	0,7	4,6	8,3	13,6	18,1	19,8	21,5	15,8	7,5	5,1	3,3	Сер. 9,9
г, мм	47,8	15,5	39,4	26,3	114,7	102,1	82,9	5,6	67,3	46,1	103,9	25,8	Σ = 677,4

Рік спостережень: 2017

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
t, °C	-5,7	-0,4	6,2	8,5	14,1	18,7	19,1	20,4	14,3	9,5	3,6	1,9	Сер. 9,2
г, мм	31,6	47,0	28,6	42,4	154,1	38,5	43,6	26,1	135,3	57,4	63,9	110,0	Σ = 778,5

Рік спостережень: 2019

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
t, °C	-2,9	2,2	5,4	10,0	13,2	21,5	18,8	19,8	14,6	10,5	6,7	3,0	Сер. 10,2
г, мм	58,1	13,4	19,3	36,4	154,1	26,7	54,1	104,1	42,5	26,7	33,0	32,6	Σ = 601,0

У табл. 7 і 8 відображено суттєві відхилення показників сум фізіологічно активних температур і ГТК Селянінова від архівних даних у теплі і сухі роки. Так, у 2015, 2017, 2019 роках суми активних температур на 27-36% перевищували цей показник за першу половину ХХ ст., а ГТК, принаймні за один літній місяць, характеризував ці періоди як недостатньо вологі, сухі або дуже сухі. Критично мінімальні показники ГТК (навіть менше 0,1) зафіксовано в окремі декади літніх місяців, що ставить деякі рослинні організми практично за межу виживання.

З метою поглибленої деталізації кліматичних особливостей території, окрім застосування конкретної класифікації з наведенням прізвища автора, лаконічного словесного формулювання типу клімату та його кодового позначення, додатково обчисле-

но кілька інших показників на основі суми річних опадів і середньорічної температури повітря. Формули для розрахунку цих показників наводимо за монографією Й. Блютгена (1973).

Так, для визначення *межі посушливості для України* Г. Вільгельмі використав формулу:

$$N = 17T + 270,$$

де N – річна сума опадів, мм; T – середньорічна температура повітря, °C.

Р. Ланг використав просте співвідношення між річною сумою опадів у мм (N, мм) та середньою річною температурою (t, °C) і назвав цей показник *фактором дощу*:

$$f = \frac{N}{t}.$$

Формулу Р. Ланга дещо вдосконалив де Мартонн. Він запропонував на основі суми річних опадів (r, mm) та середньої річної температури (t, °C) розраховувати для кожного місяця, сезону або року *індекс аридності* за формулою:

$$I_{DM} = \frac{r}{t + 10}$$

Згідно до величини індексу аридності, де Мартонн виділив такі типи клімату:  $I_{DM}$  від 10 до 20 –

клімат напівсухий (семіаридний),  $I_{DM}$  від 20 до 24 – клімат середземноморський,  $I_{DM}$  від 24 до 28 – клімат напіввологий (семігумідний),  $I_{DM}$  від 28 до 35 – клімат вологий (гумідний),  $I_{DM}$  від 35 до 55 – клімат дуже вологий.

Всі ці показники дають уяву про умови вологості клімату, відмінність полягає лише у суто суб'єктивному виборі будь-якого коефіцієнта та зручності його поєднання з іншими критеріями для конкретного дослідження або регіону.

Таблиця 4

**Сезонні відхилення середньомісячних температур по метеостанції ПЗ «Розточчя» за період 2005-2020 рр. від багаторічних архівних даних**

**Table 4. Seasonal deviations of average monthly temperatures according to the Roztochya Nature Reserve weather station for the 2005-2020 period as compared with the archival data**

Періоди спостережень, роки	Середньомісячні температури у розрізі сезонів року, t°C *				Середнє за рік
	Відхилення від архівної температури сезону або року, t°C				
	Весна, III-V	Літо, VI-VIII	Осінь, IX-XI	Зима, I, II, XII	
Метеостанція Рава-Руська / Rava-Ruska (північна частина Українського Розточчя)					
Середні за 1-шу пол. XX ст.	7,2	16,5	7,3	-3,3	6,9
Метеостанція ПЗ «Розточчя» / Roztochya NR (південна частина Українського Розточчя)					
Середнє за 2005-2020	<u>9,0</u> +1,8	<u>19,0</u> +2,5	<u>9,3</u> +2,0	<u>-0,9</u> +2,4	<u>9,1</u> +2,2
Середнє за 2011-2020	<u>9,2</u> +2,0	<u>19,3</u> +2,8	<u>9,6</u> +2,3	<u>-0,4</u> +2,9	<u>9,4</u> +2,5
Середнє за 2016-2020	<u>9,5</u> +2,3	<u>19,4</u> +2,9	<u>9,9</u> +2,6	<u>0,1</u> +3,4	<u>10,1</u> +3,2

\* numerator – average monthly temperature in °C; denominator – deviation of temperature from the archival temperature in °C

Таблиця 5

**Відхилення у розподілі сезонної кількості опадів по метеостанції ПЗ «Розточчя» за період 2005-2020 рр. від багаторічних архівних даних**

**Table 5. Deviations in the distribution of seasonal precipitation according the Roztochya Nature Reserve weather station for the 2005-2020 period as compared with the archival data**

Періоди спостережень, роки	Суми опадів в розрізі окремих сезонів в року, мм *				Σ за рік
	відносний показник від річної суми опадів у %				
	Весна, III-V	Літо, VI-VIII	Осінь, IX-XI	Зима, I, II, XII	
1	2	3	4	5	6
Метеостанція ПЗ «Розточчя» (південна частина Українського Розточчя) Roztochya Nature Reserve					
Середнє за 2005-2020 рр.	<u>197</u> 26,5	<u>247</u> 33,2	<u>157</u> 21,1	<u>143</u> 19,2	<u>744</u> 100
Середнє за 2011-2020 рр.	<u>187</u> 26,4	<u>229</u> 32,1	<u>153</u> 21,4	<u>145</u> 20,3	<u>714</u> 100
Середнє за 2016-2020 рр.	<u>185</u> 25,2	<u>218</u> 29,8	<u>176</u> 24,0	<u>153</u> 20,9	<u>732</u> 100
2005	<u>209,9</u> 29,6	<u>205,1</u> 28,9	<u>150,3</u> 21,2	<u>143,9</u> 20,3	<u>709,2</u> 100
2007	<u>127</u> 18,7	<u>232</u> 34,2	<u>160</u> 23,7	<u>159</u> 23,4	<u>679</u> 100
2010	<u>264,7</u> 26,5	<u>378,2</u> 37,9	<u>173,1</u> 17,3	<u>182,3</u> 18,3	<u>998,3</u> 100
2015	<u>180</u> 26,6	<u>191</u> 28,1	<u>217</u> 32,2	<u>89</u> 13,1	<u>677</u> 100

Продовж. табл. 5  
Continuation of Table 5

1	2	3	4	5	6
2017	225 29,0	108 13,9	257 32,9	187 24,2	779 100
2019	210 34,9	185 30,7	102 17,0	104 17,4	601 100
Метеостанція Рава-Руська / Rava-Ruska (північна частина Українського Розточчя)					
Середні за першу половину XX ст. (1904-1957)	165/23,0	290/40,4	159/22,2	104/14,4	718/100
Степова зона України					
Маріуполь (1991-2020) Mariupol	116/22,1	140/26,6	127/24,1	143/27,2	526/100
Асканія-Нова (1981-2010) Askania-Nova	98/23,5	128/30,7	104/24,9	87/20,9	417/100
Південь Франції (Середземномор'я)					
Авіньйон (1981-2010) Avignon	167/24,7	114/16,8	260/38,5	135/20,0	676/100

\* numerator – average seasonal precipitation in mm; denominator – in % from year sum

Таблиця 6

### Порівняння балансу вологи періоду інтенсивної вегетації Українського Розточчя і Степової зони України

Table 6. Comparison of the moisture balance during the period of intensive growing season in the Ukrainian Roztochya region and in the Steppe zone of Ukraine

Метеостанції, періоди та роки досліджень	Показники кількості опадів (R mm), середньої температури (t°C) та гідротермічного коефіцієнта місяця (ГТК) за Баньюлем і Госсеном *							
	Травень – V		Червень – VI		Липень – VII		Серпень – VIII	
	R mm / t°C	ГТК	R mm / t°C	ГТК	R mm / t°C	ГТК	R mm / t°C	ГТК
Розточчя (волога, помірно тепла зона)								
Рава-Руська (1904-1957) Rava-Ruska	93/13,9	3,3	100/15,9	3,1	106/17,3	3,1	84/16,4	2,6
ПЗ «Розточчя» / Roztochya NR								
2005-2020	109/14,2	3,8	87/18,2	2,4	99/19,7	2,5	62/19,2	1,6
2011-2020	114/14,0	4,0	90/19,3	2,3	87/19,2	2,3	42/19,8	1,1
2005	93,3/13,4	3,5	49,3/15,6	1,6	76,9/18,6	2,1	78,9/17,5	2,3
2007	17/15,9	<b>0,5</b>	92/19,1	2,4	96/19,6	2,5	44/19,2	1,1
2010	202,9/15,0	6,8	97,6/18,3	2,7	164,1/20,8	3,9	116,5/20,0	2,9
2015	115/13,6	4,2	102/18,1	2,8	83/19,8	2,1	6/21,5	<b>0,1</b>
2017	154/14,1	5,5	39/18,7	1,0	44/19,1	1,1	26/20,4	<b>0,6</b>
2019	154/13,2	5,8	27/21,5	<b>0,6</b>	54/18,8	1,4	104/19,8	2,6
Степ (посушлива, помірно спекотна зона з м'якою зимою)								
Маріуполь (1991-2020) Mariupol	38/1,5	1,2	56/21,2	1,3	46/23,8	1,0	37/23,2	<b>0,8</b>
Асканія-Нова (1981-2010), Askania-Nova	37/15,7	1,2	53/20,4	1,3	40/23,2	<b>0,9</b>	35/22,4	<b>0,8</b>

\* Оцінка умов зволоження за допомогою ГТК Баньюля і Госсена: при ГТК &lt; 1,0 – місяць вважається сухим.

\* Estimating humidity conditions by Bagnouls-Gaussen hydrothermal coefficient (HTC): HTC &lt; 1,0 – the month is considered dry

У табл. 9 представлено результати розрахунків за трьома наведеними вище формулами, але, окрім архівних даних по метеостанції Рава-Руська і результатів досліджень двох тривалих періодів по метеостанції ПЗ «Розточчя» (див. табл. 1, 2), до неї включено окремими рядками аномальні за погодними умовами роки на території Українського Розточ-

чя (див. табл. 3), а також багаторічні дані по метеостанціях Маріуполь і Асканія-Нова Степової природної зони України (табл. 10) та міст південної Європи – Авіньйону і Флоренції (табл. 11). За В. Кеппенном, середньорічні показники для Маріуполя та Асканії-Нової відповідають вологому континентальному клімату зі спекотним літом і холодною зимою



(Dfa); для Авіньйону – це середземноморський помірно теплий дощовий клімат з сухим літом і температурою найтеплішого місяця більше 22°C (Csa);

для Флоренції – це вологий субтропічний клімат з тенденцією до середземноморського зі спекотним літом і вологою холодною зимою (Cfa → Csa).

Таблиця 7

**Суми фізіологічно активних температур (вище 10°C) за період вегетації для аномальних років у ПЗ «Розточчя» та за літні місяці у Степовій природній зоні України**

**Table 7. The sum of physiologically active temperatures (more than 10°C) during the growing season for anomalous years in the Roztochya Nature Reserve and for summer months in Nature Steppe zone of Ukraine**

Місяці	Українське Розточчя						Степова зона України		
	ПЗ «Розточчя» / Roztochya NR						Рава-Руська (1904-1957) Rava-Ruska	Маріуполь (1991-2020) Mariupol	Асканія-Нова (1981-2010) Asksnia-Nova
	2005	2007	2010	2015	2017	2019			
III	-	-	-	37	36	10	-		
IV	138	39	129	117	129	170	-		
V	338	465	465	401	418	342	400		
VI	469	574	528	542	562	645	477	636	612
VII	598	609	644	613	590	583	536	738	719
VIII	525	596	620	667	617	614	508	719	694
∑VI-VIII	1592	1779	1792	1882	1769	1842	1521	2093	2025
IX	391	352	367	463	410	423	372		
X	149	135	11	73	170	269	10		
XI	-	-	118	48	-	74	-		
∑III-XI	2608	2770	2882	2961	2932	3130	2303		

Таблиця 8

**Середньомісячні гідротермічні коефіцієнти (ГТК) по Селянінову\* за період вегетації для аномальних років у ПЗ «Розточчя» та за літні місяці у Степовій зоні України (в дужках наведені мінімальні декадні значення)**

**Table 8. Average monthly hydrothermal coefficient (HTC) by Sielianinov's method\* during the growing season for anomalous years in the Roztochya Nature Reserve and for summer months in the Nature Steppe zone of Ukraine (in brackets, the minimal data for the ten-day period is given)**

Місяці	Українське Розточчя						Степова зона України		
	ПЗ «Розточчя» / Roztochya NR						Рава-Руська (1904-1957) Rava-Ruska	Маріуполь (1991-2020) Mariupol	Асканія-Нова (1981-2010) Askania-Nova
	2005	2007	2010	2015	2017	2019			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
III	-	-	-	5,6	3,7	<b>0,9</b>			
IV	3,7	3,3	2,2	1,1	2,1	2,1			
V	2,8	1,5	4,4	2,7	3,7	4,5			
VI	1,1 (III/0,2)	1,6 (II/0,2)	1,8 (III/0,8)	1,9 (I/0,04)	<b>0,7</b> (I/0,2)	<b>0,4</b> (I/0,01)	2,1	0,9	<b>0,9</b>
VII	1,3 (III/0,9)	1,6 (II/0,6)	2,5 (II/1,3)	1,4 (I/0,6)	<b>0,7</b> (II/0,2)	<b>0,9</b> (II/0,7)	2,0	0,6	<b>0,6</b>
VIII	1,5 (II/0,9)	<b>0,7</b> (III/0,3)	1,9 (II/0,4)	<b>0,1</b> (II/0,01)	<b>0,4</b> (I/0,05)	1,7 (III/0,4)	1,7	0,5	<b>0,5</b>
Серед. VI-VIII	1,3	1,3	2,1	1,1	<b>0,6</b>	1,0	1,9	0,7	0,7
IX	1,2 (I/0,1)	1,8	2,9	1,5	3,3	1,0 (II/0,03)			

Продовж. табл. 8  
Continuation of Table 8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X	1,9	2,5	<b>0,9</b>	5,2	3,4	1,0 (III/0,07)			
XI	-	-	2,5	13,1	-	3,3			

\* Оцінка умов зволоження за допомогою ГТК Селянінова: ГТК < 0,4 – дуже сильна посуха; ГТК від 0,4 до 0,5 – сильна посуха; ГТК від 0,5 до 0,6 – середня посуха; ГТК від 0,7 до 0,9 – слабка посуха; ГТК від 1,0 до 1,5 – достатньо волого; ГТК > 1,5 – надмірно волого.

\* Estimating humidity conditions by Sielianinov's HTC: HTC < 0,4 – very severe drought; HTC from 0.4 to 0.5 – severe drought; HTC from 0.5 to 0.6 – moderate drought; HTC from 0.7 to 0.9 – slight drought; HTC from 1.0 to 1.5 – sufficient humidity; HTC > 1.5 – excessive humidity.

Таблиця 9

**Порівняння показників клімату Українського Розточчя, Степової зони України та Півдня Європи**  
**Table 9. Comparative list of climate index\* in the Ukrainian Roztochya region, in the Ukrainian Nature Steppe zone and in the South of Europe**

Метеостанції, періоди досліджень або окремі роки	Тип клімату за Кеппеном і Гейгером	Показники клімату року t°C / R mm	Межа посушливості для України за Вільгельмі, N mm	Індекс аридності за де-Мартонном, I <sub>DM</sub>	Фактор дощу за Лангом, f
Розточчя – вологий континентальний клімат з теплим літом і відносно рівномірними опадами впродовж року					
Рава-Руська / Rava-Ruska (багаторічні за першу пол. XX ст., 1904-1957)	Вологий континентальний Dfb	6,9 / 718	387	42,4	104
ПЗ «Розточчя» / Roztochya NR					
2005-2020	Dfb	9,1 / 744	423	40,0	82
2011-2020	Dfb	10,1 / 732	442	36,4	72
в тому числі:					
2005 – найхолодніший	Dfb	8,0 / 709	406	39,4	87
2010 – найвологіший	Dfb	8,2 / 998	409	54,8	121
2019 – найсухіший і найтепліший	Dfb → Dfa → → Csa	10,2 / 601	443	29,8	59
Степова зона України – вологий континентальний клімат з спекотним літом і холодною зимою					
Маріуполь / Mariupol (1991-2020)	Dfa	10,3 / 526	445	25,9	51
Асканія-Нова / Askania-Nova (1981-2010)	Dfa → BSk	10,2 / 417	443	20,1	40
Південна Європа: Авіньйон – середземноморський клімат з сухим спекотним літом і м'якою зимою, Флоренція – вологий субтропічний клімат з тенденцією до середземноморського, з спекотним літом і вологою холодною зимою					
Авіньйон / Avignon (1981-2010)	Csa	14,6 / 676	-	27,4	46
Флоренція / Florence (1971-2000)	Cfa → Csa	14,9 / 873	-	35,1	62

\* Climate index from left to right: climate by Köppen-Geiger, average annual temperatures and precipitation, border of drought to Ukraine by Wilhelm, index of aridity by de Martonne, factor of rain by Lang.

Аналіз метеоданих ПЗ «Розточчя» за тривалі досліджувані періоди 2005-2020 і 2011-2020 рр. свідчить про те, що сучасний клімат цієї території цілком відповідає критеріям вологого континентального клімату Dfb, але дані останнього п'ятиріччя та кількох аномальних років показують

тенденцію його трансформації до помірно теплого дощового клімату з температурою найхолоднішого місяця вже вище від -3°C, а, іноді, й цілком теплою «плюсовою» зимою (2015, 2018, 2020 роки) і температурою найтеплішого місяця понад 10°C, тобто до кліматів групи «С».

**Температури та опади по метеостанціях Маріуполь і Асканія-Нова  
(Степова природна зона України) за багаторічні періоди спостережень**

*Table 10. Average temperatures and precipitation according to Mariupol and Askania-Nova weather stations (Steppe Nature zone of Ukraine) for long-term observation periods*

Метеостанція: Маріуполь / Mariupol  
 Країна: Україна / Ukraine  
 Координати: 47°5'N 37°32'E  
 Висота над рівнем моря: 22 м  
 Тривалість спостережень: 1991-2020

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
t, °C	-2,4	-2,0	2,8	9,8	16,5	21,2	23,8	23,3	17,3	10,6	3,7	-0,9	Сер. 10,3
г, мм	47,9	42,4	39,3	38,7	38,4	56,4	46,3	37,0	44,3	33,7	49,3	52,2	Σ = 525,9

Метеостанція: Асканія-Нова / Askania-Nova  
 Країна: Україна / Ukraine  
 Координати: 46°27'N 33°52'E  
 Висота над рівнем моря: 20 м  
 Тривалість спостережень: 1981-2010

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
t, °C	-1,7	-1,4	3,0	9,8	15,7	20,4	23,2	22,4	16,6	10,2	3,9	-0,1	Сер. 10,2
г, мм	27,1	27,9	27,6	33,1	37,2	52,8	40,4	35,2	34,8	29,4	40,1	31,7	Σ = 417,3

**Температури і опади по метеостанціях Авіньйон і Флоренція (Південна Європа)  
за багаторічні періоди спостережень**

*Table 11. Average temperatures and precipitation according to Avignon and Florence weather stations (South of Europe) for long-term observation periods*

Метеостанція: Флоренція / Florence  
 Країна: Італія / Italy  
 Координати: 43°46'N 11°15'E  
 Висота над рівнем моря: 50 м  
 Тривалість спостережень: 1971-2000

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
t, °C	6,5	7,5	10,3	13,0	17,7	21,4	24,6	24,6	20,5	15,5	9,9	6,8	Сер. 14,9
г, мм	60,5	63,7	63,5	86,4	70,0	57,1	36,7	56,0	79,6	104,2	113,6	81,3	Σ = 872,6

Метеостанція: Авіньйон / Avignon  
 Країна: Франція / France  
 Координати: 43°51'N 4°48'E  
 Висота над рівнем моря: 70 м  
 Тривалість спостережень: 1981-2010

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
t, °C	5,9	7,1	10,3	13,1	17,3	21,2	24,2	23,7	19,6	15,4	9,9	6,6	Сер. 14,6
г, мм	48,7	37,6	38,6	66,1	62,5	41,0	26,6	45,8	97,6	91,4	71,1	49,0	Σ = 676,0

Наведені в табл. 9 дані наглядно відображають також вологі і сухі роки регіону досліджень (див. табл. 3) та відмінність клімату Розточчя порівняно з іншими кліматичними зонами. Так, найвологіший 2010 рік має максимальні значення всіх чотирьох показників, а найсухіший 2019 – відповідно всі мінімальні значення.

Очевидна також суттєва відмінність між коефіцієнтами вологого клімату Розточчя, посушливішим кліматом Степу України (це саме природна

степова зона, а не кліматична зона степів!) та Півднем Європи.

Так, за методикою Вільгельмі за межею посухи знаходиться лише Асканія-Нова, для якої річна сума опадів у 417 мм є нижчою за вирахований показник у 443 мм. До речі, за оцінкою окремих джерел, її клімат віднесено до напівсухого степового, хоча, за розрахунками межі між континентальними кліматами групи «D» і степовими кліматами групи «BS», за методикою В. Кеппена, поріг для

Асканії-Нова становить 344 мм, а для Маріуполя – 346 мм. Тобто, за В. Кеппенем клімат цих пунктів можливо віднести до клімату степів лише у тому випадку, якби їхня річна сума опадів була меншою від вказаного порогу, а вона фактично є більшою для обох пунктів, відповідно, на 21 і 52%.

Особливої уваги під час оцінювання ступеня аридизації регіону заслуговує найсухіший і найтепліший 2019 рік, який за показниками річних температур і опадів та за фактором дощу за Р. Лангом, майже наблизився до Флоренції, а за індексом де Мартонна «не дотягнув» на 15% до Маріуполя, і лише на 9% – до Авіньйона.

Проте застосування відповідних класифікацій і схем, а також великої кількості різноманітних коефіцієнтів і формул не дає такої можливості візуального порівняння кліматичних умов різних географічних зон, як його графічне зображення. Найпростіший і найнадійніший спосіб такого зображення – поєднання на одному рисунку місячного тренду опадів та середньомісячної температури повітря (рис. 1-5). Цей метод, запропонований Г. Госсеном (Gaussen, H) і вдосконалений Г. Вальтером (Walter, H), набув широкої популярності, а інтегральне графічне зображення показників температури та атмосферних опадів отримало назву *методу кліматичних або омбротермічних* (грецьк. *ombros* – дощ), *діаграм* (Дажо, 1975; Одум, 1975; Метод клімадіаграм..., 2012; Асадулаєв, Рамазанова, Садыкова, 2013).

Представлені на рис. 1 клімаграми метеостанцій Рави-Руської та ПЗ «Розточчя» демонструють, що за досліджуваній період у регіоні Українського Розточчя відбулись зміни річного ходу обох кривих – опадів і температур. Насамперед, відбулось підвищення температур за період 2005-2020 рр. на 2,2°C. Суттєві зміни кривої опадів зумовлені переміщенням піку опадів з липня на травень, збільшення опадів у зимовий період за рахунок зменшення їх літньої кількості; підняття вгору температурної кривої особливо помітно в найхолодніші і найтепліші місяці (рис. 2). Загалом середні показники досліджуваного періоду зберігають тренд розподілу опадів для цього типу клімату, але необхідно відзначити, що в окремі роки тип кривої опадів суттєво відрізнявся від середнього. Не відзначено чіткого максимуму в літній період у 2005, 2014 і 2016 роках; нерідко крива опадів наближалась до кривої температур, а іноді навіть опускалась нижче від неї, що зафіксовано у 2015 і 2017-2020 роках. Ситуацію максимально наочно зображено на рис. 5, де наведено клімаграми аномальних років: 2005, 2007, 2010, 2015, 2017 та 2019-го. На цих рисунках криві опадів нанесено також в масштабі 10°C = 30 мм (за методикою Г. Т. Селянінова для степових районів) і виділено напівпосушливу і посушливу пори року.

Окрім аномального найвологішого 2010 р., усі інші роки переконливо демонструють несприятливий для рослинності розподіл річної суми опадів, коли у теплу пору року вегетаційні процеси гальмуються через недобір вологи. Аналіз клімаграм 2015, 2017 і 2019 років показує, що взаємодія темпера-

тури і вологи у ці аномальні роки в Українському Розточчі нагадує середземноморський тип клімату (рис. 4, див. табл. 11), основними ознаками якого є дефіцит вологи в теплу пору року та літній максимум температур, який накладається на мінімум опадів, чим визначає глибину і тривалість сухого періоду. Доповнює цю пловіотермічну картину також відсутність стійкого снігового покриву взимку, що останнім часом у регіоні досліджень спостерігається дедалі частіше. Це знижує альбедо поверхні і підвищує кількість тепла, що витрачається на нагрівання повітря, ґрунту і на випаровування.

Звичайно, за весняний і осінній періоди випадання дощів, ґрунт нагромаджує певний запас вологи, який допомагає деревній і чагарниковій рослинності переносити літню посуху. Однак відсутність вологи в теплий період, коли температури найсприятливіші для розвитку рослин, гальмує всі фізіологічні процеси. Тому сума температур, забезпечених вологою в природних умовах, фактично є значно нижчою від загальної суми температур. Такі тенденції у річному дисбалансі «температура – волога», особливо в останні десятиріччя та п'ятирічний період, не можна недооцінювати, особливо враховуючи частоту, з якою ці явища повторюються.

**Дискусія (Discussion).** Глобальні зміни клімату, які охопили всю планету, і за останні десятиріччя дедалі виразніше проявляються на всій території України, спричиняють суттєвий вплив на природні та культурні біогеоценози. За результатами досліджень, підвищення температур, зростання або скорочення кількості опадів (залежно від сезону року), зумовлюють зміни термічного і гідрологічного режимів: зменшення річної амплітуди температур, збільшення тривалості безморозного періоду, випадання більшої кількості опадів у зимовий та весняний періоди і зменшення дощів влітку та восени, подовження вегетації, швидкий перехід від холодної пори року до теплої, відхилення від багаторічних фенологічних циклів тощо. Прогнози щодо змін клімату в Україні, не залежно від типів сценарію (оптимістичні чи песимістичні), передбачають подальше підвищення температури, перерозподіл сум річних опадів, збільшення несприятливих погодних явищ (Дідух, 2009; Паламарчук та ін., 2010; Кульбіда, Барабаш, Єлістратова, 2011; Кульбіда, Єлістратова, Барабаш, 2013; Степаненко, Польовий, Дем'янюк, Дронова, 2014; Хохлов, Єрмоленко, 2015; Прокопенко, Удова, 2017; Хохлов, Боровська, 2020 та ін.).

Негативний вплив кліматичних факторів підсилюється антропогенним впливом, що проявляється в осушенні боліт, зрубуванні лісів і розорюванні земель; останній чинник для України вважається одним із найвищих в Європі (до 60% території). По всій країні вже відбулось зростання суми активних температур приблизно на 150°C, а ізольовані сум активної температури за період 2001-2005 рр. набули меридіонального напрямку. На сьогодні кліматичні умови південного Полісся і Північного Лісостепу за сумою ефективних температур стали

такими, які були характерними для зони Степу 30 років тому. Рослинні угруповання, на відміну від тваринних, не мають можливості переміщуватися у напрямку сприятливіших для них екологічних ніш. Частина видів рослин і фітоценозів не зможе адаптуватись до нових погодних умов і протистояти інвазійним видам. Звичайно, такі біотичні

зміни будуть значно повільнішими від кліматичних, але обсяги втрат від повного зникнення частини фітобіоти прогнозуються з високою достовірністю (Барабаш, Татарчук, 2009; Паламарчук та ін., 2010; Степаненко та ін., 2014; Прокопенко, Удова, 2017; Писаренко та ін., 2019; Загорчевна, Демидюк, 2021).

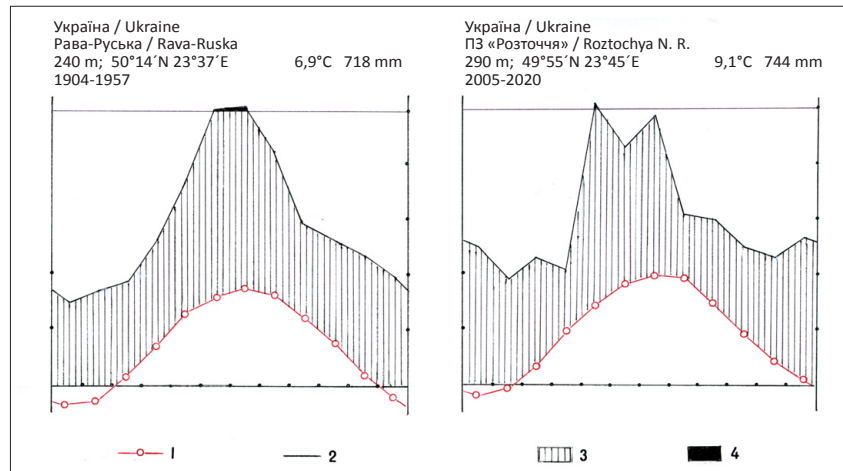


Рис. 1. Клімаграми метеостанцій: Рави-Руської – зліва (багаторічні дані за першу половину ХХ ст.) та ПЗ «Розточчя» – справа (дані за 2005-2020 роки)

Fig. 1. Climographs of Rava-Ruska weather station, archival data (to the left) and the Roztochya Nature Reserve weather station, the 2005-2020 period (to the right)

1 – температура, °C / temperature, °C; 2 – опади, 10°C = 20 мм / precipitation, 10°C = 20 mm; 3 – гумідний період / humid period; 4 – надмірно гумідний період / excessive humid period

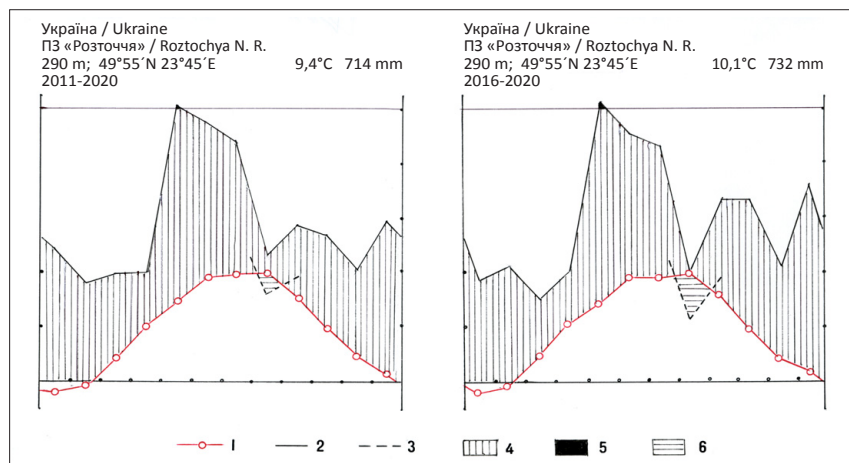


Рис. 2. Клімаграми метеостанції ПЗ «Розточчя»: зліва – середні дані за 2011-2020 роки, справа – середні дані за 2016-2020 роки

Fig. 2. Climographs of the Roztochya Nature Reserve weather station: the 2011-2020 period (to the left) and the 2016-2020 period (to the right)

1 – температура, °C / temperature, °C; 2 – опади, 10°C = 20 мм / precipitation, 10°C = 20 mm; 3 – опади, 10°C = 30 мм / precipitation, 10°C = 30 mm; 4 – гумідний період / humid period; 5 – надмірно гумідний період / excessive humid period; 6 – семиаридний період / semiarid period

Виявлення тенденцій у змінах кліматичних факторів не можливе без порівняння сучасних метеоданих з показниками попередніх періодів часу. Оскільки метеостанція ПЗ «Розточчя» проводить спостереження за погодою лише з 1991 року, важливою методичною складовою такого аналізу був вибір конкретного пункту спостережень не тіль-

ки з наближеними природно-кліматичними умовами, але й із наявним, більш віддаленим історичним періодом вимірювань. Перевага обраної державної метеостанції Рави-Руська полягає не тільки в тому, що спостереження тут ведуть згідно вимог Гідрометеослужби України, а також і в тому, що вона знаходиться в межах Українського Розточчя,

на відстані 35 км на північний захід від метеостанції заповідника, а її вимірювання охоплюють тривалий історичний період, починаючи з 1904 року (Агрокліматичний довідник..., 1955). Розташований значно ближче до заповідника, в 15-ти кілометрах на південний схід (49°55'N 23°57'E) на межі Українського Розточчя і Малеого Полісся, Розточський ландшафтно-геофізичний стаціонар Львівського національного університету імені Івана Франка (РЛГС) спочатку розглядався нами як другий додатковий пункт для порівняння метеоданих паралельно з метеостанцією Рава-Руської. Проте критична оцінка місцезнаходження Стаціонару та результатів багаторічних спостережень на ньому (Муха, 2010а; Львів. Комплексний атлас, 2012; Муха, Булавенко, Мельничук, 2014; Муха, Булавенко, Родич, 2015 та ін.) показала, що суми температур та опадів цього пункту спостережень майже не відрізняються від показників Львова (Стаціонар знаходиться лише у 8-ми кілометрах від центру міста). Тут за період 1969-2007 рр. середня річна температу-

ра становила 7,3°C, тоді як у Львові і Раві-Руській за 1961-2010 рр. відповідно 7,5 та 7,7°C. Середньорічна кількість опадів за 40-річний період на РЛГС становила 740 мм, що лише на один міліметр відрізняється від такої ж кількості у Львові (Львівська область: природні умови та ресурси, 2018). Все це і зумовило обґрунтований вибір для порівняння даних метеостанції ПЗ «Розточчя» саме з даними метеостанції Рава-Руська.

На жаль, за об'єктивними обставинами автори не мали можливості отримати метеодані по станції Рава-Руська за період 1961-1990 рр., який визнаний Всесвітньою метеорологічною організацією (ВМО) як стандартний базовий для порівняння з сучасними даними. Однак використані для порівняння вимірювання інших періодів – як більш віддалених, так і сучасних, зокрема для Рава-Руської за 1961-2010 рр., дали змогу зробити достатньо обґрунтовані висновки про тенденції динаміки головних кліматичних факторів на території Українського Розточчя.

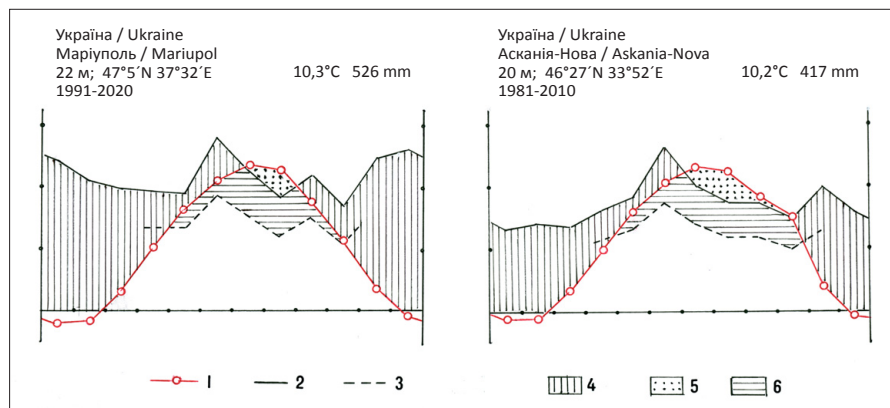


Рис. 3. Клімаграми по метеостанціях Степової природної зони України: Маріуполь (зліва) та Асканія-Нова (справа) за багаторічні періоди спостережень

Fig. 3. Climographs of Mariupol (to the left) and Askania-Nova (to the right) weather stations in Steppe Nature zone of Ukraine for long-term observation periods

- 1 – температура, °C / temperature, °C; 2 – опади, 10°C = 20 мм / precipitation, 10°C = 20 mm;  
3 – опади, 10°C = 30 мм / precipitation, 10°C = 30 mm; 4 – гумідний період / humid period;  
5 – аридний період / arid period; 6 – семіаридний період / semiarid period

Наведені у попередньому розділі показники температур та опадів по метеостанції заповідника відповідають їх трендам як для території Розточчя, так і для рівнинної частини Заходу України загалом. Так, на метеостанції Рава-Руська за період 1961-2010 рр., крім наведеної вище середньорічної температури, середня температура липня становила 18,1°C, а січня – -3,6°C, що перевищило архівні дані першої половини ХХ ст. відповідно на 0,8 і на 0,5°C (Львівська область: природні умови та ресурси, 2018).

Гідрологічний режим, порівняно з термічним, згідно локального прогнозу для України, має тенденцію до збільшення загальної кількості опадів, що є одним із проявів сучасного потепління (Хохлов, Боровська, Бондаренко, Латиш, 2010; Степаненко та ін., 2014). Спостереження на метеостанціях Волинської області упродовж 1947-2017 рр. (Тарасюк, Ганущак, 2017) показали, що наприкін-

ці 40-х років минулого століття сума опадів змінювалась в межах від 392 до 480 мм за рік, а вже на початку ХХІ ст. – від 600 до 750 мм. Однак загальний тренд збільшення кількості опадів не відображає відхилень за окремими роками, а аномально посушливі роки трапляються дедалі частіше. За період 2002-2011 рр. на території України спостережено тенденцію до збільшення частки посушливих місяців не тільки у теплий, але й у холодний період року (Кульбіда, Олійник, Паламарчук, Галицька, 2013). За нашими даними, таку ж тенденцію відзначено і в Українському Розточчі: з 2005 по 2020 роки надзвичайно сухими були осінь 2014 та зима 2006 років, відповідно по 11,5 і 11,8% опадів від річної кількості, що вдвічі менше ніж середні показники. Екстремально посушливими були січень 2006 (18,3 мм), лютий 2018 і 2019 (13,2 мм і 13,4 мм) років, що склало близько 1/3 від середньої величини опадів для цих місяців за досліджуваний період.

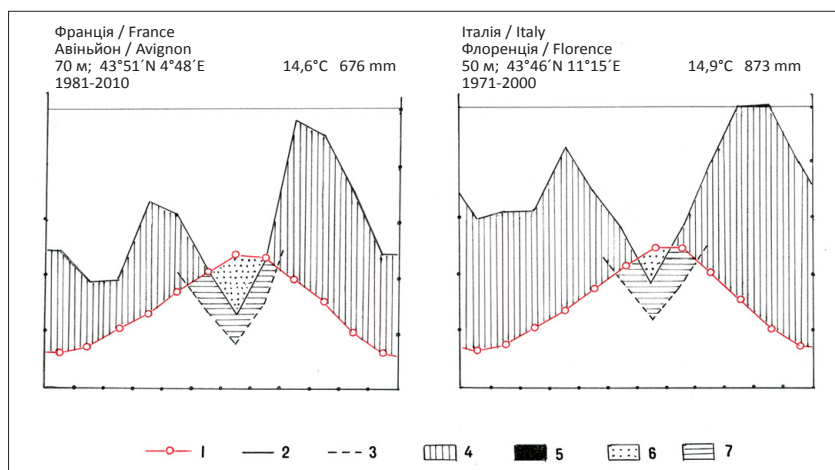


Рис. 4. Клімаграми по метеостанціях Південної Європи: Авіньйон (зліва) та Флоренція (справа) за багаторічні періоди спостережень

Fig. 4. Climographs of Avignon (to the left) and Florence (to the right) weather stations in South of Europe for long-term observation periods

1 – температура, °C / temperature, °C; 2 – опади, 10°C = 20 мм / precipitation, 10°C = 20 mm;  
 3 – опади, 10°C = 30 мм / precipitation, 10°C = 30 mm; 4 – гумідний період / humid period; 5 – надмірно гумідний період / excessive humid period; 6 – аридний період / arid period; 7 – семиаридний період / semiarid period

Особливість останнього десятиріччя полягає у переважанні аномальних років, причому деякі з них на глобальному рівні визнані як екстремальні. Так, станом на 2016 р. Всесвітня метеорологічна організація (ВМО) визнала 2015 рік як найспекотніший за весь період спостережень і як один із найпосушливіших у північній півкулі. У 2020 році, попередній 2019 рік визнано як другий найгарячіший за весь період інструментальних вимірювань. За даними Українського гідрометеоцентра, з вересня 2019 по травень 2020 рр. на території України випало 153 мм опадів за норми 211 мм. Тобто, за цей час кількість опадів зменшилась на 35 трильйонів літрів, а це близько 10 Київських водосховищ (Надзвичайне..., 2016; Ной, Hänsel, Skalak, Ustrnul, & Vochniček, 2017; Тарасюк, Ганущак, 2017; Ной, Haensel, & Mauger, 2020; Sulikowska, & Wyruch, 2020; Закорчевна, Демидюк, 2021).

На зростання сум активних температур вказують результати досліджень на території сусідньої Польщі, що особливо суттєво проявляється на південному заході країни. Але і на південно-східних територіях, які межують з Львівщиною, частота посушливих місяців за вегетаційний період в інтервалі 1901-2000 рр. становила близько 30%; кількість вегетаційних періодів з дуже високими температурами і недостатніми опадами (порівняно з даними за 1981-2010 та 2001-2010 рр.) зростає вдвічі; а ГТК Селянінова на території Польського Розточчя, при порівнянні періодів 1931-1969 і 1981-2010 рр., знизився на 19% (Zmudzka, 2009; Ziernicka-Wojtaszek, 2012a, 2020a, 2020b).

Найвищу середньорічну температуру на Південному Розточчі України (період 1969-2015 рр.) за даними РГЛС зафіксовано у 2015 р. – +10,7°C, що зумовлено коротким зимовим періодом 2014-2015 рр. – теплим і фактично безсніжним. Також у цьому ж році були теплими і мало дощовими вес-

на і літо, а 28.08.2015 р. на Стационарі зареєстровано максимальну температуру повітря на висоті 4 м від поверхні – +40,5°C (Муха, 2015). Серед посушливих років останнього десятиріччя дуже сухими виявились також 2016-й та 2017-й роки. За публікацією Б. Мухи та ін. (2018), у 2017 р. посуха була такою сильною, що пересохли джерела і малі річки, у садах опали недозрілі фрукти, а лелеки, за відсутності жаб, годували пташенят свійськими курчатами. Навіть на значно краще забезпеченій вологою Рівненщині сума опадів у серпні 2015 р., за даними метеостанції Рівненського природного заповідника, склала лише 5,9 мм (Горбач, 2018).

Стабільне підвищення температури повітря не могло не вплинути на температурний режим інших складових геокомплексів. Унікальні дослідження Б. Мухи (2010b) на південній межі Розточчя виявили тенденцію до зростання середньої температури ґрунту та частини ґрунотвірної породи на глибині до 3,2 м. Так, за 1969-2009 рр. температура сірого лісового ґрунту у товщі 0-320 см зросла на 1,6°C, що майже відповідає зростанню середньорічної температури повітря за аналогічний період. У найтепліші останні роки цього періоду (2007-2009) відбулось стабільне підвищення середньорічної температури на 1°C до глибини 0,7 м, тобто, суттєво теплішим став не тільки гумусовий, але й ілювіальний горизонт.

Наочним підтвердженням згаданих вище процесів потепління і аридизації Львівщини є кліматичні умови кількох аномальних років двох останніх десятиріч за даними метеостанції ПЗ «Розточчя» (див. табл. 3, рис. 5). Особливу увагу потрібно звернути на вегетаційний період, зокрема на ту його частину, яка забезпечена сумами фізіологічно активних температур, тобто є запорукою існування природних (ліси, луки, пасовища, болота) і штучних (захисні лісосмуги, поля сільгоспкультур, сади, зелені наса-

дження населених пунктів) рослинних угруповань. Тут, як констатують науковці і пересічні громадяни, суттєвий вплив на живу природу мають екстремальні відхилення, вплив яких визначається їх тривалістю та амплітудою. Комплексне зображення тепла і вологи на клімаграмах трьох років останнього десятиріччя показує, в яких критичних пльовіотермічних умовах відбувались фенологічні процеси. Дефіцит вологи у березні-квітні та вересні-жовтні, тривала літня посуха – все це гальмувало розвиток і

формування листків, квітнування, зав'язування і дозрівання плодів, формування вегетативних і генеративних бруньок для наступного сезону. Регулярне зменшення опадів у серпні вже фіксується на клімаграмах за 2011-2020 та 2016-2020 роки (див. рис. 2). А від серпневого дефіциту вологи значною мірою залежить розвиток не тільки надземних, але й підземних частин рослини: зокрема відмирають тонкі всмоктуючі корені, припиняється нагромадження поживних речовин (Дереза, Мовчан, Дереза, 2021).

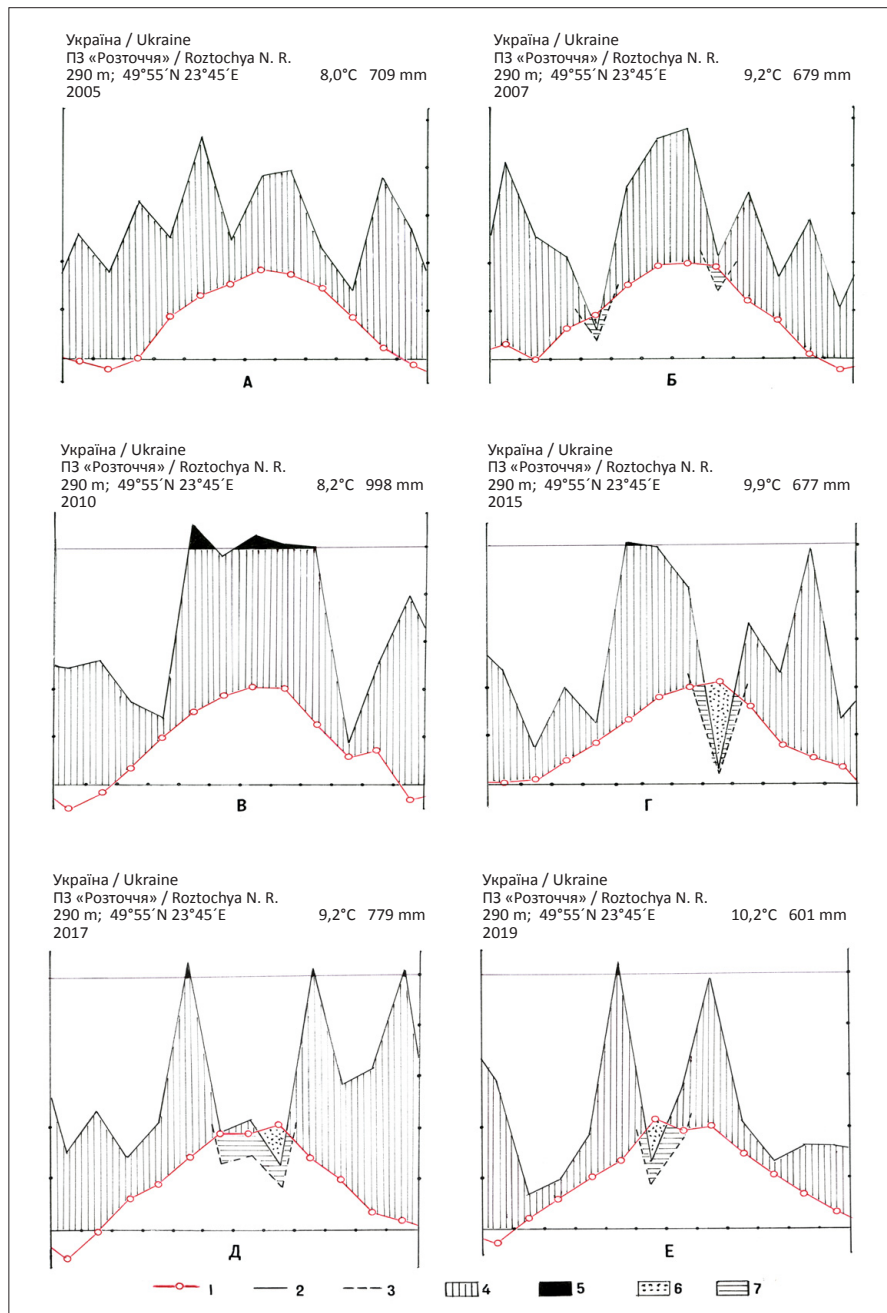


Рис. 5. Клімаграми ПЗ «Розточчя» за екстремальні 2005 (А), 2007 (Б), 2010 (В), 2015 (Г), 2017 (Д) та 2019 (Е) роки

Fig. 5. Climographs of the Roztochya Nature Reserve weather station for the years 2005 (A), 2007 (B), 2010 (B), 2015 (Г), 2017 (Д), & 2019 (E)

1 – температура, °C / temperature, °C; 2 – опади, 10°C = 20 мм / precipitation, 10°C = 20 mm;  
 3 – опади, 10°C = 30 мм / precipitation, 10°C = 30 mm; 4 – гумідний період / humid period; 5 – надмірно гумідний період / excessive humid period; 6 – аридний період / arid period; 7 – семиаридний період / semiarid period



Літні періоди 2015, 2017, 2019 років – це тривожні «дзвіночки» розширення ареалу аридизації у Львівському регіоні, яка вже почала «підніматись» від низинного Полісся на височину Українського Розточчя. Обмежений обсяг публікації не дає можливості авторам глибше деталізувати отримані дані. Зокрема, окрім обраних для зображення за допомогою клімаграм шести аномальних років, було б доречним графічно зобразити всі роки останнього десятиріччя, більшість яких за річними показниками хоча і не значно відхиляються від середніх, але мають дуже несприятливі пловіотермічні умови вегетаційного періоду. Так, у 2006, 2011-2013, 2016 та 2018 роках сумарна тривалість семіаридних періодів склала від 4-х до 7-ми тижнів. А в 2020 р. тривалість аридних періодів (березень-квітень + серпень) становила шість тижнів, і це за загальної кількості опадів у 753 мм за рік, що вище за середньорічну кількість опадів періоду 2005-2020 років. Цікавими були 2013 і 2014 роки, де відносна частка суми літніх та осінніх опадів від їх середньої річної кількості повного досліджуваного періоду склали відповідно 29,5-32,0 і 11,2-20,2%, що наближає клімат цих років до клімату Степової зони України (див. табл. 10, див. рис. 3). У 2016 р. літні опади склали 24,6, а осінні – 38,3% від середньорічної суми за 2005-2020 рр., що є більше наближенням до показників клімату Південної Європи, де кількість осінніх опадів приблизно вдвічі вища, ніж літніх (див. табл. 11, див. рис. 4).

Графічне відображення пловіотермічних умов Українського Розточчя, виконане вперше для цього регіону, дає можливість наочно оцінити як погодні умови окремих років, так і динаміку клімату триваліших періодів. Продовження цієї роботи у наближеній перспективі допоможе не тільки отримати достатньо достовірну динаміку кліматичних змін завдяки тривалим термінам досліджень (20-30 років), а й також дасть можливість краще оцінити реальні загрози таких процесів для природних комплексів заповідних територій регіону і частково запобігти втратам у штучних фітоценозах. Останнє може бути здійснено підбором відповідних видів і клонів під час переходу до збільшення площ посухостійких культур в аграрному виробництві, створенні лісових насаджень зі значною часткою мезоксерофітів, зменшенні участі вологолюбних рослин в озелененні населених пунктів тощо.

**Висновки (Conclusions).** За даними тривалих метеоспостережень, як архівних першої половини ХХ ст. по станції Рава-Руська, так і сучасних по станції ПЗ «Розточчя», тип клімату регіону досліджень за класифікацією Кеппена-Гейгера належить до вологого континентального з температурою найхолоднішого місяця нижче ніж  $-3^{\circ}\text{C}$  і середньою температурою найтеплішого місяця не вище ніж  $+22^{\circ}\text{C}$ , з кодовим позначенням типу – Dfb.

За багаторічними метеорологічними даними останніх періодів досліджень, потепління на теренах Українського Розточчя вже відбулось і призводить до пом'якшення холодного періоду року та від-

чутного потепління у період вегетації. Так, за 2005-2020 рр. середня температура, порівняно з архівними даними, зросла на  $2,2^{\circ}\text{C}$ , а за останнє п'ятиріччя 2016-2020 рр. – на  $3,2^{\circ}\text{C}$ . Максимальне підвищення відбулось у зимову пору року: впродовж 2005-2020 рр. – на  $2,4^{\circ}\text{C}$ , а за 2016-2020 рр. – на  $3,4^{\circ}\text{C}$ .

Відповідно відбулось зростання і суми фізіологічно активних температур. Порівняно з архівними даними, суми літніх активних температур за період 2005-2020 рр. збільшились на  $231^{\circ}\text{C}$  (15%), а за 2016-2020 рр. – на  $270^{\circ}\text{C}$  (18%). У посушливі 2015, 2017 і 2019 роки ці показники зросли на  $248-321^{\circ}\text{C}$  (27-36%).

У середньорічній кількості опадів за тривалі періоди спостережень (2005-2020 і 2011-2020 рр.) не відбулось суттєвих змін: вона або залишилась наближеною до показників архіву, або дещо збільшилась. Зміни відбулись у перерозподілі опадів за календарними сезонами року за рахунок зменшення їх літньої кількості і збільшення зимової. Так, за повний досліджуваний період кількість літніх опадів скоротились з 40,4 до 33,2%, а за останнє п'ятиріччя вона склала лише 29,8% від архівних даних, що в абсолютних показниках становить 43 і 72 мм. Зимові опади за повний період і останнє п'ятиріччя збільшились відповідно на 4,8 та 6,5%. Особливо відчутним було зменшення літніх опадів у посушливі 2015, 2017 і 2019 роки – відповідно на 99, 182 і 105 мм.

Одночасне зростання температур і зменшення опадів у період активної вегетації суттєво погіршило забезпечення рослин вологою, що відображено у змінах гідротермічних коефіцієнтів. Середні показники ГТК Баньюля-Госсена в серпні за періоди 2005-2020 і 2011-2020 рр. зменшились відповідно на 38 і 58%, але критичних показників сухого місяця (ГТК < 1,0) цей коефіцієнт сягнув у 2015 і 2017 роках, склавши відповідно 0,1 і 0,6. Зменшення ГТК Селянінова за літні місяці 2005-2020 рр., порівняно з архівом, склало 26%, а по окремих літніх місяцях 2015, 2017 і 2019 років цей показник змінювався від мінімальних декадних значень у 0,01 до середніх місячних від 0,1 до 0,9, що за методикою цього автора визначає окреслені періоди як «дуже сильно сухі», «сильно сухі» і «середньо сухі».

Обчислені за сумами річних опадів і температур додаткові характеристики клімату (*межа посушливості для України* за Г. Вільгельмі, *фактор дощу* за Р. Лангом та *індекс аридності* за де Мартонном) показали, що за останнє десятиріччя межа посушливості та індекс аридності відхилились від архівних даних на 14%, а фактор дощу – на 31%. Найсухіший і найтепліший 2019 рік, за показниками річних температури і опадів та за фактором дощу за Лангом майже наблизився до клімату Флоренції, а за індексом де Мартонна «не дотягнув» на 15% до умов Маріуполя, і лише на 9% – до Авіньюна.

Порівняння клімаграм трьох досліджуваних періодів виразно показало характер змін тепла і вологи у розрізі календарних місяців року. Суттєві

зміни кривої опадів зумовлені переміщенням піку опадів з липня місяця на травень і збільшенням опадів у зимовий період за рахунок зменшення їх літньої кількості.

Характер кривих температури і вологи на клімаграмах аномальних 2015, 2017 і 2019 років нагадує середземноморський тип клімату, коли літній максимум температур накладається на мінімум опадів, що зумовлює глибину і тривалість сухого періоду.

Звичайно, один або два роки з різким відхиленням кліматичних показників від норми не можуть суттєво вплинути на багаторічну статистику. Однак частота, з якою ці аномалії повторюються в останнє десятиріччя, не може не змінювати умов середовища, що обов'язково впливає на всі елементи біогеоценозів. Рослини і тварини існують не за абстрактних середньорічних показників опадів і температур, а систематично опиняються в періодах із суттєво відмінними умовами тепла і зволоження. А тому, навіть недовготривале перебування живих організмів за межами критичних для існування умов середовища, може стати причиною незворотних втрат як окремих видів, так і цілих угруповань.

Однозначно, що на сьогодні ще зарано говорити про регіональні наслідки доволі катастрофічних кліматичних змін, але подальше підвищення температур і зменшення кількості опадів у період активної вегетації призведе до негативної динаміки плювіотермічних умов. Особливо вразливими будуть рідкісні і зникаючі види, а також аборигенні види на межі ареалу. І чи не доведеться фахівцям лісової галузі у найближчій перспективі, вслід за проблемами ялинових, дубових і соснових насаджень, «розгадувати» причини негараздів для такого виможливого до умов зволоження лісотвірного деревного виду як бук лісовий, особливо на підвищених елементах рельєфу східної межі його ареалу, зокрема і в умовах Українського Розточчя.

### Список літератури (References)

*Агрокліматичний довідник по Львівській області* (1955). Київ: Держвидавництво сільськогосподарської літератури УРСР [Agricultural climate guide for Lviv region (1955). Kyiv: State Publishing House of Agricultural literature of USSR] (in Ukrainian)

Андриєнко, Т. Л., Попович, С. Ю., Коротченко, І. А., Гавриленко, В. С., Думенко, В. П., Прядко, О. І., Парчук, Г. В. (2002). *Програма Літопису природи для заповідників та національних природних парків*. Київ: Академперіодика [Andriienko, T. L., Popovych, S. Yu., Korotchenko, I. A., Gavrilenko, V. S., Dumenko, V. P., Priadko, O. I., & Parchuk, H. V. (2002). *Programme of the Nature Chronicle for Nature Reserves and National Nature Parks*. Kyiv: Academic Periodicals. Retrieved from [https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v465\\_737-02#Text](https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v465_737-02#Text)] (in Ukrainian)

Аргучинцева, А. А. (2007). *Методы статистической обработки и анализа гидрометеорологических наблюдений*. Иркутск: Издательство Иркутского Государственного университета [Arguchintseva, A. A. (2007). *Methods of statistical processing of hydrometeorological observations*. Irkutsk: Irkutsk State University Press] (in Russian)

Асадулаев, З. М., Рамазанова, З. Р., Садыкова, Г. А. (2013). Сравнительная оценка климадиаграмм и их модификаций при интерпретации ботанических исследований. *Вестник Дагестанского научного центра. Химия и биология*, 50, 42-48. [Asadulaev, Z. M., Ramazanova, Z. R., & Sadykova, G. A. (2013). Comparative evaluation of climagraghs and their modifications in the interpretation of botanical studies. *Bulletin of Dagestan Scientific Center. Chemistry and Biology*, 50, 42-48. Retrieved from [www.//vestnikdns.ru/IssSources/50/Asagullaev.pdf](http://www.//vestnikdns.ru/IssSources/50/Asagullaev.pdf)] (in Russian)

Барабаш, М. Б., Татарчук, О. Г., Гребенюк, Н. П., Корж, Т. В. (2009). Практичний напрямок досліджень зміни клімату в Україні. *Фізична географія та геоморфологія*, 57, 28-35. [Barabash, M., Tatarshuk, O., Grebenjuk, N., & Korzh, T. (2009). Practical direction of research on climate change in Ukraine. *Physical Geography and Geomorphology*, 57, 28-35. Retrieved from [http://eprints.library.odeku.edu.ua/id/eprint/5813/1/2009\\_Збірник\\_Геоморфологія\\_КГУ.pdf](http://eprints.library.odeku.edu.ua/id/eprint/5813/1/2009_Збірник_Геоморфологія_КГУ.pdf)] (in Ukrainian)

Блютген, И. (1972). *Климаты земного шара, Т. 1*. Москва: Прогресс [Blüthgen, J. (1972). *Climate of the Globe. V. 1*. Moscow: Progress] (in Russian)

Блютген, И. (1973). *Климаты земного шара, Т. 2*. Москва: Прогресс [Blüthgen, J. (1972). *Climate of the Globe. V. 2*. Moscow: Progress] (in Russian)

Бовт, Я. С., Стрямець, Г. В. (2010). Історія заповідної справи та природничих досліджень на Розточчі. *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України*, 2010, 20(16), 7-12. [Bovt, Ya. & Stryamets, G. (2010). History of the nature protected areas management in Roztochya region. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 20 (16), 7-12. Retrieved from [https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2010/20\\_16/7\\_Bov.pdf](https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2010/20_16/7_Bov.pdf)] (in Ukrainian)

Вальтер, Г. (1982). *Общая геоботаника*. Москва: Мир [Walter, H. (1982). *General Geobotany*. Moscow: Mir] (in Russian)

Горбач, О. (2018). Аналіз кліматичних умов Рівненського природного заповідника за 2000-2015 рр. *Вісник Львівського університету. Серія географічна*, 52, 53-56. [Horbach, O. (2018). Analysis of climate of Rivnenskyi Nature Reserve during the period from 2000 to 2015. *Visnyk of the Lviv University. Series Geography*, 52, 53-60. <https://dx.doi.org/10.30970/vgg.2018.52.10168>] (in Ukrainian)

Дажо, Р. (1975). *Основы экологии*. Москва: Прогресс [Dajoz, R. (1975). *Basis of Ecology*. Moscow: Progress] (in Russian)

Дереза, О. О., Мовчан, С. І., Дереза, С. В. (2021). Вплив змін клімату на плодові сади. *Плодовий*

- сад – новітнє в теорії та практиці: матеріали V Всеукраїнської науково-практичної конференції (Мелітополь, 18 червня 2021 р.), с. 18-21. Мелітополь: Таврійський державний агротехнологічний університет ім. Д. Моторного [Dereza, O., Movchan, S., & Dereza S. (2021). Influence of climate changes on orchards. In Proceedings of the 5th All-Ukrainian Scientific-Practical Conference *Fruit Garden – the new facts in theory and practice*, 18-21. Melitopol, Ukraine: Tavriya State Agrotechnological University named after D. Motorny. Retrieved from <https://elar.tsatu.edu.ua/handle/123456789/15328>] (in Ukrainian)
- Дідух, Я. (2009). Екологічні аспекти глобальних змін клімату: причини, наслідки, дії. *Бюлетень Національної академії наук України*, 2, 34-44. [Didukh, Ya. (2009). Ecological aspects of the global climate changes: causes, consequences and measures to be taken. *Bulletin of the National Academy of Science of Ukraine*, 2, 34-44. Retrieved from [http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau\\_2009\\_2\\_12](http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau_2009_2_12)] (in Ukrainian)
- Закорчевна, Н.Б., Демидюк, Ю.С. (2021). Вплив зміни клімату в Україні на сільське господарство. *Challenges, threats and developments in biology, agriculture, ecology, geography, geology and chemistry*. In Proceedings of the International scientific and practical conference (Lublin, June 2-3, 2021), 195-200. Lublin, Poland: Baltija Publishing [Zakorchevna, N., & Demydiuk, Yu. (2021, Juli). *Influence of climate changes on agriculture in Ukraine*. In Proceedings of the International scientific and practical conference «Challenges, threats and developments in biology, agriculture, ecology, geography, geology and chemistry». Lublin, Poland: Baltija Publishing. <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-111-4-46>] (in Ukrainian)
- Косик, Л.Б., Скобало, О.С. (2006). Кліматична та фенологічна характеристика Природного заповідника “Розточчя”. *Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість*. 32, 82-86. [Kosyk, L.B., & Skobalo, O.S. (2006). Climatic and phenological characteristics of the Roztochze Nature Reserve. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 32, 82-86. Retrieved from [http://base.dnsgb.com.ua/files/journal/Lisove-gospodarstvo-l-p-d-promyslovist/2006\\_32/82\\_Kosyk\\_LG\\_32.pdf](http://base.dnsgb.com.ua/files/journal/Lisove-gospodarstvo-l-p-d-promyslovist/2006_32/82_Kosyk_LG_32.pdf)] (in Ukrainian)
- Кульбіда, М.І., Барабаш, М.Б., Єлістратова, Л.О. (2011). Прогноз змін клімату України на початку XXI століття. *Наукові записки Вінницького педагогічного університету. Серія Географія*, 23, 10-17 [Kulbida, M., Barabash, M., & Elistratova, L. (2011). Climate change forecast for Ukraine in the early XXI century. *Scientific Papers of Vinnica Pedagogical University. Geographical series*, 23, 10-17. Retrieved from [https://nbuv.dov.ua/UJRN/Nzvdpu\\_geogr\\_2011\\_23\\_4](https://nbuv.dov.ua/UJRN/Nzvdpu_geogr_2011_23_4)] (in Ukrainian)
- Кульбіда, М.І., Єлістратова, Л.О., Барабаш, М.Б. (2013). Сучасний стан клімату України (Електронний ресурс). *Проблеми охорони навколишнього природного середовища та екологічної безпеки*, 35, 118-130. [Kulbida, M.I., Elistratova, L.O., & Barabash, M.B. Current climate conditions in Ukraine. *Problems of the environment protection and ecological safety*, 35, 118-130. Retrieved from [https://nbuv.dov.ua/UJRN/Ponp\\_2013\\_35\\_14](https://nbuv.dov.ua/UJRN/Ponp_2013_35_14)] (in Ukrainian)
- Кульбіда, М.І., Олійник, З.Я., Паламарчук, Л.В., Галицька, Є.І. (2013). Аналіз режиму опадів на території України за десятиріччя 2002-2011 рр. *Фізична географія та геоморфологія*, 1 (69), 127-138. [Kulbida, M., Oliynyk, Z., Palamarchuk, L., & Galyska, E. (2013). Precipitation regime in Ukraine for the decade 2002-2011. *Physics Geography and Geomorphology*, 1 (69), 127-138. Retrieved from [https://nbuv.gov.ua/UJRN/fiz\\_geo\\_2013\\_1\\_17](https://nbuv.gov.ua/UJRN/fiz_geo_2013_1_17)] (in Ukrainian)
- Літоніс природи / Природний заповідник «Розточчя»*, смт. Івано-Франкове, 2005-2020. Кн. 24-35 [Chronicle of Nature. “Roztochya” Nature Reserve. Ivano-Frankove settlement. Books 24-25] (in Ukrainian)
- Львів. Комплексний атлас* (2012). Київ: Картографія. [Lviv. Complex Atlas. (2012). Kyiv: Mapping] (in Ukrainian)
- Львівська область: природні умови та ресурси* (2018). Львів: Вид-во Старого Львова. [Lviv region. Nature conditions and Resources. (2018). Lviv: Old Lviv Publishing House] (in Ukrainian)
- Львовская область. Атлас*. (1989). Москва: Главное управление геодезии и картографии при Совмине СССР [The Lviv region. Atlas. (1989). Moscow: Main Directorate of Geodesy and Cartography under the Council of Ministers of the USSR] (in Russian)
- Метод клімадіаграм за Госсеном-Вальтером* (2012). Харків: Харківська національна академія міського господарства [Method of Climograph. (2012). Kharkov: Kharkov National Academy of City Economy. Retrieved from <https://eprints.kname.edu.ua/25895/1/2010%20печ.%2091M%20Клімадіаграми.pdf>] (in Ukrainian)
- Муха, Б. (2010а). *Розтоцький ландшафтно-геофізичний стаціонар*. Львів: Видавничий центр ЛНУ ім. Івана Франка [Mucha, B. (2010а). *Rostochye Landscape Geophysical permanent study area*. Lviv: Publishing center of the Ivan Franko Lviv National University. Retrieved from <https://geography.lnu.ua/wp-content/uploads/2017/02/монографія-РЛГС.pdf>] (in Ukrainian)
- Муха, Б.П. (2010b). Динаміка температури сірого лісового ґрунту у Південному Розточчі. *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України*, 20 (16), 69-74. [Mucha, B. (2010b). Dynamics of temperature of grey forest soil in South Roztocha. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 20 (16), 69-74. Retrieved from [https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2010/20\\_16/69\\_Much.pdf](https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2010/20_16/69_Much.pdf)] (in Ukrainian)
- Муха, Б., Булавенко, І., Мельничук, М. (2014). Випаровування в Українському Розточчі за матеріалами Розтоцького ландшафтно-геофізичного стаціонару. *Вісник Львівського університету. Серія географічна*, 48, 117-124. [Mucha, B., Bulavenko, I., Melnychuk, M. (2014). Evaporation in Ukrainian Roztochcha for materials of Roztochche landscape-geophysical station. *Visnik Lvivskogo universitetu. Seriya geografichna*, 48, 117-124. [Mucha, B., Bulaven-

- ko, I., & Melnychuk, M. (2014). Evaporation in Ukrainian Roztochya (based on the materials of the Rostochia landscape-geophysical permanent study area. *Visnyk of the Lviv University. Series Geography*, 48, 117-124. <http://dx.doi.org/10.30970/vgg.2014.48.1299>] (in Ukrainian)
- Муха, Б., Булавенко, І., Родич, О. (2015). Температура повітря у південному Розточчі. *Вісник Львівського університету. Серія географічна*, 2015, 49, 239-245. [Mucha, B., Bulavenko, I., & Rodych, O. (2015). Air temperature in Southern Roztochya. *Visnyk of the Lviv University. Series Geography*, 49, 239-245. <http://dx.doi.org/10.30970/vgg.2015.49.8637>] (in Ukrainian)
- Муха, Б., Кулачковський, Р., Родич, О., Притула, І., Чалик, В., Чернявський, М. (2018). Аридизація рівнинної Львівщини і західного регіону України. *Вісник Львівського університету. Серія географічна*, 52, 210-215. [Mukha, B., Kulachkovsky, R., Rodych, O., Prytula, O., Chalyk, V., & Cherniavski, M. (2018). The aridity of the plain part of Lviv region and Western Ukraine. *Visnyk of the Lviv University. Series Geography*, 52, 210-215. <http://dx.doi.org/10.30970/vgg.2018.52.10186>] (in Ukrainian)
- Надзвичайне глобальне потепління триває (2016). Інформаційний сервер погоди Українського гідрометеорологічного центру. [Extraordinary Global Warming Continues. State Service of Ukrainian Meteorological Center. Retrieved from <http://meteo.gov.ua/ua/33345/zmi/articles/read/266>] (in Ukrainian)
- Одум, Ю. (1975). *Основи екології*. Москва: Мир [Odum, E.P. (1975). *Fundamentals of Ecology*. Moscow: Pease] (in Russian)
- Паламарчук, Л.В., Гнатюк, Н.В., Краковська, С.В., Шедєменко, І.П., Дюкель, Г.О. (2010). Сезонні зміни клімату в Україні в ХХ столітті. *Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту*, 259, 104-120. [Palamarchuk, L.V., Gnatiuk, N.V., Krakovska, S.V., Shedemenko, I.P., & Diukel, G.O. (2019). Seasonal climate change in Ukraine in the 21<sup>st</sup> century. *Proceedings of Ukrainian Research Hydrometeorological Institute*, 259, 104-120. Retrieved from [https://www.researchgate.net/publication/296196681\\_Sezonni\\_zmini\\_klimatu\\_v\\_Ukraini\\_v\\_XXI\\_stolitti](https://www.researchgate.net/publication/296196681_Sezonni_zmini_klimatu_v_Ukraini_v_XXI_stolitti)] (in Ukrainian)
- Писаренко, В.М., Писаренко, П.В., Писаренко, В.В., Горб, О.О., Чайка, Т.О. (2019). Посухи в контексті змін клімату України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*, 1, 134-146. [Pysarenko, V.M., Pysarenko, P.V., Pysarenko, V.V., & Chayka, T.O. (2019). Droughts and climate changes in Ukraine. *Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*, 1, 134-146. Retrieved from [https://nbuv.gov.ua/UJRN/VPDA\\_2019\\_1\\_7](https://nbuv.gov.ua/UJRN/VPDA_2019_1_7)] (in Ukrainian)
- Природа Львівської області (1972). Львів: Видво Львівського університету [Nature of Lviv region (1972). Lviv: Lviv University Publishing Office] (in Ukrainian)
- Прокопенко, К.О., Удова, Л.О. (2017). Сільське господарство України: виклики і шляхи розвитку в умовах зміни клімату. *Економіка і прогнозування*, 1, 92-107. [Prokopenko, K., & Udova, L. (2017). Ukrainian agriculture: challenges and ways of development under conditions of the climate change. *Economics and prognosis*, 1, 92-107. <https://doi.org/10.15407/eip2017.01.092>] (in Ukrainian)
- Селянинов, Г.Т. (1937). Методика сельскохозяйственной характеристики климата. В кн.: *Мировой агро-климатический справочник*. Ленинград-Москва: Гидрометеорологическое издательство. С. 5-27. [Sielianinov, G. (1937). Method for Agricultural Characteristic of Climate. In *World Agricultural and Climate Guide* (pp. 5-27). Leningrad-Moscow: Hydrometeorological Publishing] (in Russian)
- Селянинов, Г.Т. (1966). *Агроклиматическая карта мира*. Ленинград: Гидрометеоздат [Sielianinov, G. (1966). *Agricultural World Climate Map*. Leningrad: Hydrometeorological Publishing House] (in Russian)
- Скобало, О., Горбань, І., Гребельна, В. (2013). Фенокліматична періодизація в заповіднику «Розточчя». *Вісник Львівського університету. Сер. Біологічна*, 63, 98-109. [Skobalo, O., Horban, I., & Hrebelna, V. (2013). Phenoclimatic periodization in the Roztocze Nature Reserve. *Visnyk of Lviv university. Biological series*, 63, 98-109. Retrieved from [http://nbuv.gov.ua/UJRN/VLNU\\_biol\\_2013\\_63\\_13](http://nbuv.gov.ua/UJRN/VLNU_biol_2013_63_13)] (in Ukrainian)
- Спурр, С.Г., Барнес, Б.В. (1984). *Лесная экология*. Москва: Лесная промышленность [Spurr, S., & Barnes, B. (1984). *Forest Ecology*. Moscow: Forest Industry] (in Russian)
- Степаненко, С.М., Польовий, А.М., Дем'янюк, О.С., Дронова, О.О. (2014). Зміни режиму опадів в Україні. *Агроєкологічний журнал*, 2, 10-16. [Stepanenko, S., Polyovuj, A., Demyanyuk, O., & Dronova, O. (2014). Changes in Precipitation Regime in Ukraine. *Agroecological Journal*, 2, 10-16. Retrieved from [http://nbuv.gov.ua/UJRN/agrog\\_2014\\_2\\_4](http://nbuv.gov.ua/UJRN/agrog_2014_2_4)] (in Ukrainian)
- Стрямець, Г.В., Гребельна, В.О., Скобало, О.С., Стрямець, С.П. (2018). Локальні прояви змін клімату на прикладі природного заповідника «Розточчя». *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України*, 28 (11), 24-27. [Stryamets, G.V., Hrebelna, V.O., Skobalo, O.S., & Striamets, S.P. (2018). Local manifestations of climate change in the case of the nature reserve "Roztochya". *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 28 (11), 24-28. <https://doi.org/10.15421/40281104>] (in Ukrainian)
- Стрямець, Г.В., Гребельна, В.О., Скобало, О.С. (2021). Основні характеристики температурного режиму повітря Розточчя в розрізі тривалих і короткочасних змін. *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України*, 31 (1), 14-19. [Stryamets, G.V., Hrebelna, V.O., & Skobalo, O.S. (2021). The main characteristics of the air temperature regime of Roztochya in terms of long-term and short-term changes. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 31 (1), 14-19. <https://doi.org/10.36930/40310102>] (in Ukrainian)
- Тарасюк, Н., Ганущак, М. (2017). Режим атмосферного зволоження ґрунтів Волині в умовах сучас-

- ного клімату. *Вісник Львівського університету. Серія географічна*, 51, 322-330. [Tarasyuk, N., & Hanushchak, M. (2017). Regime of atmospheric moistening of Volyn soils in the conditions of current climate. *Visnyk of the Lviv University. Series Geography*, 51, 322-330. <http://dx.doi.org/10.30970/vgg.2017.51.8894>] (in Ukrainian)
- Хохлов, В. М., Боровська, Г. О., Бондаренко, В. М., Латиш, Л. Г. (2010). Регіональні аспекти змін клімату на Україні. *Вестник Гидрометцентра Черно-го и Азовского морей*, 1 (11), 24-32. [Khokhlov, V., Borovska, G., Bondarenko, V., & Latysh, L. (2010). Regional aspects of climate changes in Ukraine. *Bulletin of Hydrological and meteorological center of the Black sea and the sea of Azov*, 1 (11), 24-32. Retrieved from <http://eprints.library.odeku.edu.ua/id/eprint/2974/1/2010-vgcam-11-24.pdf>] (in Ukrainian)
- Хохлов, В. М., Єрмоленко, Н. С. (2015). Майбутні зміни клімату та їх вплив на режим опадів та температури в Україні. *Український гідрометеорологічний журнал*, 16, 76-82. [Khokhlov, V., & Yermolenko, N. (2015). Future changes in climate and their influence for on the precipitation regime and temperatures in Ukraine. *Ukrainian Hydrometeorological Journal*, 16, 76-82. Retrieved from [https://nbuv.gov.ua/UJRN/Uggi\\_2015\\_6\\_12](https://nbuv.gov.ua/UJRN/Uggi_2015_6_12)] (in Ukrainian)
- Хохлов, В. М., Боровська, Г. О., Замфірова, М. С. (2020). Кліматичні зміни та їх вплив на режим температури повітря і опадів в Україні у перехідні сезони. *Український гідрометеорологічний журнал*, 26, 60-67. [Khokhlov, V. M., Borovska, H. O., & Zamfirova, M. S. (2020). Climatic changes and their influence on air temperature and precipitation in Ukraine during transitional seasons. *Ukrainian Hydrometeorological Journal*, 26, 60-67. doi:10.31481/uhmj.26.2020.05] (in Ukrainian)
- Цебриков, П., Грабовський, Т., Каламуцька, В. Каламуцький, К. (2015). *Розточчя. Біорізноманіття і культурна спадщина. Туристично-природнича карта. Ч. 3. Звезинець: Розточанський національний парк* [Tsebrikov, P., Grabovskiy, T., Kalamutskaya, V., & Kalamutskiy, K. (2015). *Roztochyha. Biodiversity and Culture Legacy. Touristic and Local Lore Map. Part 3. Zwierzyniec: Poztochyha National Park*] (in Ukrainian)
- Bokwa, A., & Skowera, B. (2009). Występowanie ekstremalnych warunków pluwialnych w Krakowie i okolicy w latach 1971-2005. *Acta Agrophysica*, 13 (2), 299-310. [Bokwa, A., & Skowera, B. (2009). Extreme pluvial conditions in Cracow and its surroundings in the years 1971-2005. *Acta Agrophysica*, 13 (2), 299-310. Retrieved from <http://www.acta-agrophysica.org/Issue-2-2009,7390>] (in Polish)
- Botti, D. (2018). A phytoclimatic map of Europe. *Cybergeo. European Journal of Geography*, 867. <https://doi.org.10.3000/cybergeo.29495>
- Hickler, T., Vohland, K., Feehan, J., Miller, P. A., Smith, B., Costa, L., ... Sykes, M. T. (2012). Projecting the future distribution of European potential natural vegetation zones with a generalized, tree species-based dynamic vegetation model. *Global Ecology and Biogeography*, 21, 50-63. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2010.00613.x>
- Hoy, A., Hänsel, S., Skalakov, P., Ustrnul, Z., & Bochníček, O. (2017). The extreme European summer of 2015 in a long-term perspective. *International Journal of Climatology*, 37, 943-962. <https://doi.org/10.1002/joc.4751>
- Hoy, A., Haensel, S., & Mauger, M. (2020). An endless summer: 2018 heat episodes in Europe in the context of secular temperature variability and change. *International Journal of Climatology*, 40 (6026). <https://doi.org/10.1002/joc.6582>
- Komornicki, T., & Miszczuk, A. (2010). Eastern Poland as the borderland of the European Union. *Quaestiones Geographicae*, 29 (2), 55-69. <https://doi.org/10.2478/v10117-010-0014-5>
- Krawczyk, R., Kierzek, R., & Adamczewski, K. (2015). Changes in weed infestation of spring barley depending on variable pluvio-thermal conditions. *Acta Agrobotanica*, 68 (3), 233-240. <https://doi.org/10.5586/aa.2015.027>
- Lavaysse, C., Cammalleri, C., Dosio, A., van der Schrier, G., Toreti, A., & Vogt, J. (2018). Towards a monitoring system of temperature extremes in Europe. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 18, 91-104. <https://doi.org/10.5194/nhess-18-91-2018>
- Maciejewski, Z. & Szwagrzyk, J. (2011). Long-term changes in stand composition of natural forest associations on the Roztocze Highlands (Eastern Poland). *Polish Journal of Ecology*, 59 (3), 535-549. Retrieved from [www.researchgate.net/publication/275887143\\_long-term\\_changes\\_in\\_stand\\_composition\\_of\\_natural\\_forest\\_associations\\_on\\_the\\_roztocze\\_highlands](http://www.researchgate.net/publication/275887143_long-term_changes_in_stand_composition_of_natural_forest_associations_on_the_roztocze_highlands)
- Maciejewski, Z., Maciejewska, E., & Szwagrzyk, J. (2019). Long term dynamics of the population in ancient forest of the Roztoczański National Park. In Poster of the International Conference *Forests at risk: Białowieża and beyond*, (2019, February). Warsaw. Retrieved from [https://www.researchgate.net/publication/333718855\\_Long-term\\_dynamics\\_of\\_tree\\_populations\\_in\\_ancient\\_forests\\_of\\_the\\_Roztoczański\\_National\\_Park](https://www.researchgate.net/publication/333718855_Long-term_dynamics_of_tree_populations_in_ancient_forests_of_the_Roztoczański_National_Park)
- Mager, P., Kasprówicz, T., & Farat, R. (2009). Change of air temperature and precipitation in Poland in 1966-2006. *Acta Agrophysica*, 169 (1), 19-38. Retrieved from [www.old.acta-agrophysica.org/artykuly/acta\\_agrophysica/ActaAbr\\_183\\_2010\\_4\\_1\\_264.pdf](http://www.old.acta-agrophysica.org/artykuly/acta_agrophysica/ActaAbr_183_2010_4_1_264.pdf)
- Marinelli, J. *Wielka encyklopedia roślin* (2006). Warszawa: Świat Książki. 503 s. [Marinelli, J. Jan. red. (2006). *Big Encyclopedia of Plants*. Warszawa: World of Book] (in Polish)
- Sulikowska, A., Wypych, A., Ustrnul, Z., & Czekierda, D. (2016). Zmienność Zasobów termicznych w Polsce w aspekcie obserwowanych zmian klimatu. *Acta Scientiarum Polonorum Formatio Circumiectus*, 15 (2), 127-139. [Sulikowska, A., Wypych, A., Ustrnul, Z., & Czekierda, D. (2016). Variability of ther-

- mal resources in Poland as a result of ongoing climate change. *Acta Scientiarum Polonorum Formatio Circumiectus*, 15 (2), 127-139. <http://dx.doi.org/10.15576/ASP.FC/2016.15.2.127> (in Polish)
- Sulikowska, A., & Wypych, A. (2020). How Unusual were June 2019 Temperatures in the Context of European Climatology? *Atmosphere*, 11, 697. <https://doi.org/10.3390/atmos11070697>
- Szwed, M., Karg, G., Pińskwar, I., Radziejewski, M., Graczyk, D., Kędziora, A., & Kundzewicz, Z.W. (2010). Climate change and its effect on agriculture, water resources and human health sectors in Poland. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 10, 1725-1737. <https://doi.org/10.5194/nhess-10-1725-2010>
- Woś, A. (2010). Outline of the problem of research into climate change on the basis of the results of ground-based meteorological observations in Poznań, Poland. *Quaestiones Geographicae*, 29 (1), 85-89. <https://doi.org/10.2478/v10117-010-0009-2>
- Wypych, A., Sulikowska, A., Ustrnul, Z., & Czekierda, D. (2017a). Temporal variability of summer temperature extremes in Poland. *Atmosphere*, 8 (3), 51. <https://doi.org/10.3390/atmos8030051>
- Wypych, A., Sulikowska, A., Ustrnul, Z., & Czekierda, D. (2017b). Variability of growing degree days in Poland in response to ongoing climate changes in Europe. *International Journal Biometeorology*, 61, 49-59. <https://doi.org/10.1007/s00484-016-1190-3>
- Ziernicka-Wojtaszek, A. (2012a). Porównanie wybranych wskaźników oceny suszy atmosferycznej na obszarze województwa Podkarpackiego (1901-2000). *Woda-Środowisko-Obszary wiejskie*, IV-VI, 12, 2 (38), 365-367. [Ziernicka-Wojtaszek, A. (2012). Comparison of selected indices for the assessment of atmospheric drought in the Podkarpackie Province in the years 1901-2000. *Water-Environment-Rural areas*, IV-VI, 12, 2 (38), 365-367. Retrieved from <http://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-article-BATC-0008-0062>] (in Polish)
- Ziernicka-Wojtaszek, A. (2012b). Cyrkulacyjne uwarunkowania susz rolniczych w województwie Podkarpackim. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, 2 (III), 153-162. [Ziernicka-Wojtaszek, A. (2012). Atmospheric circulation conditions of agricultural droughts in the Podkarpackie Province. *Infrastructure and Ecology of Rural Areas*, 2 (III), 153-162. Retrieved from <http://agro.icm.edu.pl/agro/element/bwmeta1.element.agro-c1a8e513-5e76-4537-8083-64c919c5ebba>] (in Polish)
- Ziernicka-Wojtaszek, A. (2020a). Pluviothermal Regionalization of Poland in Light of Present-Day Climate Change. *Polish Journal of Environmental Studies*, 29 (1), 989-996. <https://doi.org/10.15244/pjoes/99976>
- Ziernicka-Wojtaszek, A. (2020b). Pluvio-thermal conditions pertaining to vegetation of key crops in south-eastern Poland 1901-2010. *Applied Ecology and Environmental Research*, 18 (1), 839-848. Retrieved from [www.aloki.hu/pdf/1801\\_839848.pdf](http://www.aloki.hu/pdf/1801_839848.pdf)
- Żmudzka, E. (2009). Współczesne zmiany klimatu Polski. *Acta Agrophysica*, 13 (2), 555-568. [Żmudzka, E. (2009). Contemporary changes of climate of Poland. *Acta Agrophysica*, 13(2), 555-568. Retrieved from [http://www.acta-agrophysica.org/pdf-107427-38326?filename=Contemporary changes of.pdf](http://www.acta-agrophysica.org/pdf-107427-38326?filename=Contemporary%20changes%20of.pdf)] in Polish)

### The appraisal of climate trends in the Ukrainian Roztochya on the basis of pluviothermal conditions

H. Stryamets<sup>1</sup>, T. Prykladivska<sup>2</sup>, V. Hrebelna<sup>3</sup>, V. Skobalo<sup>4</sup>, N. Ferents<sup>5</sup>

The Roztochya Nature Reserve is located in the Roztochya physical and geographical region which is a part of the Main European Watershed and is located in the border areas of Ukraine and Poland. Köppen-Geiger climate type – Dfb. Within the area of the reserve, there is its own weather station (49°55'N 23°45'E). The data on meteorological observations obtained here in the period 2005-2020 were compared with long-term archival data for the first half of the twentieth century according to the Rava-Ruska weather station (northern part of the Ukrainian Roztochya – 50°14'N 23°37'E) and data from the Steppe zone of Ukraine and Southern Europe.

The object of research was the meteorological data obtained at the weather station of the Roztochya Nature Reserve for the period 2005-2020, namely: monthly average, maximum, minimum air temperatures, the sums of physiological active temperatures, the monthly amount of atmospheric precipitation; the average annual air temperatures and the amount of annual precipitation, as well as the sum of average monthly temperatures and precipitation by calendar

<sup>1</sup> Halyna Stryamets – PhD in Forestry, deputy director for research work, Roztochya Nature Reserve, 7 Sichovykh Striltsiv st., Ivano-Frankove, Yavoriv district, Lviv region, 81070, Ukraine. Tel.: +38-032-59-333-91. E-mail: galina.stryamets@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2491-6465>

<sup>2</sup> Tetyana Prykladivska – PhD in Forestry, the 1-st category engineer in Department of plants reproduction, Botanical Garden of the Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: +38-032-237-88-20. E-mail: prikladivska\_tet@i.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0265-0651>

<sup>3</sup> Valentyna Hrebelna – junior researcher, Roztochya Nature Reserve, 7 Sichovykh Striltsiv st., Ivano-Frankove, Yavoriv district, Lviv region, 81070, Ukraine. Tel.: +38-032-59-333-91. E-mail: zaproz25@gmail.com

<sup>4</sup> Oksana Skobalo – junior researcher, Roztochya Nature Reserve, 7 Sichovykh Striltsiv st., Ivano-Frankove, Yavoriv district, Lviv region, 81070, Ukraine. Tel.: +38-032-59-333-91. E-mail: zaproz25@gmail.com

<sup>5</sup> Natalia Ferents – senior researcher, Roztochya Nature Reserve, 7 Sichovykh Striltsiv st., Ivano-Frankove, Yavoriv district, Lviv region, 81070, Ukraine. Tel.: +38-032-59-333-91. E-mail: natfer@ukr.net

seasons of the year. The subject of the studies was local climate change in the region of Ukrainian Roztochya, based on the meteorological data. The aim of the study was to analyse the pluviothermal conditions (relationship between air temperatures and the amount of precipitation) in the region of research for the period 2005-2020.

The data analysis showed the changes of the main climatic factors in the Ukrainian Roztochya region. During the study period, the average annual temperature increased by 2.2°C, and in the last five years (2016-2020) – by 3.2°C. The maximum increase took place in the winter season: in the period 2005-2020 by 2.4°C, and in the 2016-2020 period – by 3.4°C. The amounts of summer active temperatures (more than 10°C) in summer for the period 2005-2020 increased by 15%, and for the 2016-2020 period – by 18%. In dry years (2015, 2017, and 2019), these figures for the entire growing season increased by 27-36%.

The amount of total annual rainfall did not decrease, but was redistributed according to the calendar seasons of the year. During the full research period, the amount of summer precipitation decreased from 40.4% to 33.2% compared to archival data, and in the last five years it amounted to only 29.8% of the annual amount. The decrease in summer precipitation in the dry years of 2015, 2017, and 2019 was especially noticeable – by 99, 182 and 105 mm, respectively. The decrease in the Sielianinov hydrothermal coefficient for the summer months of the 2005-2020 period, compared to the archival data, was 26%, and for some summer months of 2015, 2017, and 2019, this figure ranged from the minimum decadal values of 0.01 to average monthly values from 0.1 to 0.9. According to the method of this author, such periods are defined as “very severe drought”, “severe drought” and “moderate drought”.

Over the last decade, Wilhelm’s border of drought for Ukraine and de Martonne’s aridity index differ from archival data by 14%; and the Lang’s rainfall factor differs by 31%. The driest and warmest year 2019 in terms of annual temperature and precipitation by the rain factor according to Lang almost approached Florence; and in terms of de Martonne’s aridity index, this is only 15% less than Mariupol, and only 9% less than Avignon.

An analysis of the graphical representation of temperatures and precipitation (climographs) showed the main trends in the balance of heat and moisture during the year – there was not only a decrease in summer precipitation, but also a shift in their peak from July to May. Therefore, the sum of active temperatures provided by moisture in natural conditions is actually much lower than the total amount of active temperatures. Plants cannot get enough moisture and this adversely affects all vegetative processes.

The climographs of abnormally dry years 2015, 2017, and 2019 in the Ukrainian Roztochya resemble the Mediterranean type of climate with a deficit of moisture in the warm season (when the summer temperature maximum is superimposed on the precipitation minimum).

It is clear that at the moment it is too early to speak about the regional consequences of significant climate change, but further increase in temperatures and a decrease in the amount of precipitation during the active growing season will lead to significant changes in the hydrological regime. Rare and endangered species, as well as native species on the border of the area, will be especially vulnerable in such conditions.

**Key words:** Roztochya Nature Reserve; weather station; meteorological data; climate types; temperatures and precipitation; climographs; climate changes, anomalous climate years.

## 6. ДЕРЕВООБРОБНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ЛІСОВА ІНЖЕНЕРІЯ



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

<http://fasu.nltu.edu.ua>  
<https://doi.org/10.15421/412135>  
Article received 2021.09.23  
Article accepted 2021.12.29

ISSN 1991-606X print  
ISSN 2616-5015 online  
@ ✉ Correspondence author  
Serhiy Gayda  
[serhiy.hayda@nltu.edu.ua](mailto:serhiy.hayda@nltu.edu.ua)

103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine

УДК 674\*038.15:674\*8

### Властивості вживаної деревини як важливий чинник якості конструкційних матеріалів

С. В. Гайда<sup>1</sup>, О. А. Кійко<sup>2</sup>

*Встановлення основних показників вживаної деревини (ВЖД), зокрема основних шпилькових порід, є актуальною науковою проблемою, оскільки наповнення нормативної бази даних забезпечить виготовлення якісних виробів з деревини з максимальним урахуванням особливостей механічних і фізичних характеристик цього потенційного резерву сировини. ВЖД доцільно матеріально використовувати в технологіях деревооброблення для виробництва конструкційних матеріалів і складових елементів меблевих виробів. Визначено основні фізико-механічні властивості ВЖД низки деревних порід – ялиці, ялини, сосни, модрина, які широко використовують для отримання виробів у меблевій та деревообробній галузях за такими показниками: щільність, ударна і статична твердість, міцність при статичному згині, міцність при сколюванні та міцність при стиску вздовж волокон. Експериментально встановлено, що фізико-механічні властивості ВЖД зазначених порід нижчі від аналогічних показників з первинної деревини (ПД). Виявлено, що щільність зменшується не більше ніж на 4,7% (діапазон для різних порід – 1,54-4,67%); ударна твердість знижується в діапазоні 1,37-4,11%; статична твердість – зменшення для модрина становить 7,11%, для інших порід практично не перевищує 2,5%; міцність при статичному згині знижується в діапазоні 5,94-8,33%; міцність при сколюванні для трьох порід (окрім ялини) зменшується в діапазоні 3,23-7,23%, а для ялини вона зростає на 3,08%; міцність при стиску вздовж волокон знижується в діапазоні 1,72-8,89%. Результати досліджень показників фізико-механічних властивостей ВЖД основних шпилькових порід дали змогу зрозуміти динаміку цих показників порівняно з ПД, розробити практичні рекомендації щодо ефективного матеріального перероблення, наповнити нормативну базу даних, а набуті знання використовувати під час розроблення математичних моделей для прогнозування характеристик конструкційних деревинних матеріалів.*

**Ключові слова:** технології деревооброблення; фізико-механічні властивості; міцність; щільність; твердість; перероблення; деревинний ресурс.

<sup>1</sup> Гайда Сергій Володимирович – член-кореспондент Лісівничої академії наук України, доктор технічних наук, професор кафедри технологій меблів та виробів з деревини. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: 032-238-45-04, +38-067-791-25-22. E-mail: [serhiy.hayda@nltu.edu.ua](mailto:serhiy.hayda@nltu.edu.ua) ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7468-5661>

<sup>2</sup> Кійко Орест Антонович – академік Лісівничої академії наук України, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри технологій меблів та виробів з деревини. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: 032-238-45-04, +38-067-989-80-88. E-mail: [orest.kiyko@nltu.edu.ua](mailto:orest.kiyko@nltu.edu.ua) ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5504-0278>



**Вступ (Introduction).** Незадіяним і додатковим ресурсом, який щорічно нагромаджується, є вживана деревина (ВЖД). Щорічний потенціал цього резерву деревинної сировини в Україні становить близько 2,0 млн тонн (Гайда, 2019б). Це важливе джерело деревинної сировини, через відсутність нормативної бази, науково-технічних основ використання, класифікації, технологічних розробок і практичних рекомендацій, не набуло ще належного використання деревообробними підприємствами України. Нами здійснено перші спроби описати технологію очищення і запропоновано технологію перероблення ВЖД на столярну плиту (Гайда, 2017; Гайда, Кійко, 2018; Gayda, & Kiyko, 2020a, 2020b) і на елементи виробів з деревини (Гайда, 2018).

Вирішуючи питання використання ВЖД у технологіях меблевого виробництва і деревооброблення, постало завдання дослідити механічні та фізичні визначальні характеристики зразків вживаної деревини шпилькових порід із дахових конструкцій ВЖД різного використання. Серед великої кількості показників механічних і фізичних визначальних характеристик зразків вживаної деревини шпилькових порід, із дахових конструкцій для подальшого розгляду виділено найхарактерніші та найнеобхідніші, що мають значення для використання ВЖД під час виготовлення щитових конструкційних матеріалів, зокрема у виробництві столярних плит. На сьогодні цей аспект є дуже важливим з погляду вирішення проблеми якнайповнішого використання сировинних деревинних ресурсів та утилізації деревинних відходів.

Аналіз основних показників ВЖД є актуальним завданням, вирішення якого забезпечить виготовлення якісних виробів з деревини з максимальним урахуванням особливостей механічних і фізичних визначальних характеристик зразків вживаної деревини із дахових конструкцій вторинного використання.

Основною проблемою є відсутність нормативних документів, що визначають механічні і фізичні характеристики зразків деревини різних шпилькових порід із дахових конструкцій вживаної та первинної деревини, і, як джерела додаткового сировинного ресурсу, для різних технологій деревооброблення.

Деревину, як основний сировинний ресурс для виготовлення виробів, постійно досліджують науковці, зокрема структуру, фізичні та механічні властивості, технологічні і реологічні показники (Ашкінази, 1980; Волынский, 2000; Уголев, 2004; Вінтонів, Сопушинський, Тайшингер, 2007; Максимчук, Сопушинський, Тімочко, 2017 та ін.). Проте ці дослідження обмежуються здебільшого первинною деревиною. На сьогодні немає наукових досліджень фізико-механічних властивостей вживаної (спожитої) деревини, тобто деревини, яка вже експлуатувалась у різних умовах та з часом могла змінити свої властивості. Знання динаміки фізико-

механічних властивостей вживаної деревини з віком є актуальною проблемою для наукових досліджень. Адже, знаючи властивості вживаної деревини різного віку, можна рекомендувати її для виготовлення тих чи інших виробів, а також прогнозувати характеристики нової продукції.

Дослідження вітчизняних і закордонних учених із зазначеної проблеми стосуються здебільшого використання виробничих деревинних відходів, без залучення ВЖД до процесу перероблення – виготовлення виробів. Результати досліджень свідчать, що ця проблема не є повністю вирішеною, тому що не розроблено наукової бази щодо властивостей ВЖД і відсутні практичні рекомендації для ефективних виробничих процесів з прогнозування характеристик продукції із ВЖД.

Перші спроби щодо можливості ефективного використання ВЖД у деревообробленні висвітлено у наших роботах (Гайда, 2017, 2019а, 2019б), де запропоновано шляхи матеріального використання цього ресурсу. Автор оцінив потенціал вживаної деревини, розробив класифікатор ВЖД, дослідив зміну показників ВЖД з віком на прикладі ялиці, запропонував використовувати її у виробництві столярних плит із прогнозованими властивостями.

Зарубіжні дослідники детально вивчали ВЖД з позиції отримання енергії, перероблення на технологічну тріску для отримання стружкових і волокнистих плит, з позиції впливу на довкілля та утилізації. Було розроблено різні положення про ВЖД, які обговорено на різних семінарах і конференціях (AltholzV, 2003; Verordnung über Anforderungen..., 2006; COST Action E 31, 2004).

У багатьох країнах низка науковців (Marutzky, 1997; Holzmann, 2005; Peek, 2006; Werner, Althaus, Richter, & Scholz, 2007; Mantau, Steierer, Hetsch, & Prins, 2008; Ratajczak, Szostak, Bidzinska, & Leszczyszyn, 2018 та ін.) широко вивчали забрудненість і характеристики ВЖД, яка стала визначальною щодо її класифікації, тобто приналежності до тієї чи іншої групи та використання. Наприклад, у Німеччині у 2006 р. прийнято «Положення про регулювання ВЖД» (Altholzverordnung – AltholzV), де наведено особливості поводження з цими відходами. В Україні Закони чи Постанови щодо використання деревинних відходів, зокрема про ВЖД та її класифікацію, відсутні.

Досвід використання ВЖД в європейських країнах показує, що цей ресурс ефективно переробляють та використовують зазвичай у подрібненому вигляді для виробництва ДСП на рівні 10-25% (EPF-2004, WRAP-2011) до загального об'єму стружки. Із аналізу наукових праць було зроблено висновок про те, що глибоким переробленням ВЖД на дерев'яні вироби практично не займались. Тому заслуговує на увагу питання отримання подальших знань про фізико-механічні властивості деревини порід, які ефективно використовують у меблевій і деревообробній галузях. Ми вказували на доцільність створення зведених таблиць основних показ-

ників ВЖД як основи для матеріального використання цього ресурсу (Гайда, 2019b).

Наведене вище підтверджує *актуальність проблеми* щодо експериментального визначення основних фізико-механічних властивостей вживаної деревини, насамперед шпилькових порід, встановлення динаміки цих показників порівняно з аналогічними властивостями первинної деревини, а також наповнення нормативної бази даних отриманими показниками, використання яких дало б змогу розробляти математичні моделі для прогнозування характеристик конструкційних деревинних матеріалів загалом, і в кінцевому результаті отримувати якісні та міцні меблеві вироби (Прокопович, Войтович, Гайда, Кшивецький, 2002; Дячун, 2007; Войтович, 2010).

*Мета дослідження* полягає у здійсненні порівняльного аналізу механічних і фізичних характеристик зразків вживаної деревини із дахових конструкцій із властивостями первинної деревини таких порід, які широко та ефективно застосовують під час створення різних дахових конструкцій великих і малих архітектурних форм, а саме – ялиці, ялини, сосни, модрина. Необхідно визначити, чи має вживана деревина шпилькових порід із дахових конструкцій достатні механічні та фізичні характеристики для виготовлення якісних виробів з деревини. У кінцевому підсумку здійснені експерименти присвячені встановленню можливості використання ВЖД у деревообробній і меблевій галузях.

*Об'єкт дослідження* – вживана деревина найпоширеніших шпилькових порід, що отримана із виробів після завершення терміну їхньої експлуатації. *Предмет дослідження* – експериментальне визначення основних фізико-механічних властивостей вживаної деревини досліджуваних порід та порівняння їх з аналогічними властивостями первинної деревини.

Основними завданнями досліджень у цій роботі є: обґрунтувати актуальність, доцільність і можливість матеріального використання ВЖД у технологіях деревооброблення для виробництва конструкційних матеріалів і складових елементів меблевих виробів; визначити основні фізико-механічні властивості ВЖД із завершеним терміном експлуатації з ялиці, ялини, сосни, модрина за показниками щільності, ударної і статичної твердості, міцності при статичному згині, міцності при сколюванні та міцності при стисканні вздовж волокон; встановити динаміку і здійснити порівняння отриманих фізико-механічних властивостей ВЖД із властивостями первинної деревини; сформулювати зведену таблицю з отриманих показників для наповнення нормативної бази даних фізико-механічними властивостями ВЖД досліджуваних порід.

**Об'єкти і методика досліджень (Objects and methods).** *Вхідними факторами досліджень* були вживана і первинна деревина сосни, ялиці, ялини та модрина. Визначено механічні та фізичні характеристики зразків вживаної деревини цих порід із дахових конструкцій з порівнянням

аналогічних показників із первинної деревини тих самих порід дерев.

*Вихідні величини* – механічні і фізичні визначальні характеристики зразків із дахових конструкцій вживаної та первинної деревини сосни, ялиці, ялини і модрина для порівняння, а саме: розрахункова вологість; показник ударної твердості; твердість статична при вдавлюванні кульки; показник міцності під час сколювання вздовж волокон; величина міцності при статичному вигині; величина міцності під час стискання зразка вздовж волокон.

*Матеріалом для випробувань* слугували крокви та лати, платви та великі балки, контрлати та інші піддашні вироби із дахових конструкцій хвойних порід закинутої дерев'яної будівлі, що були ідентифіковані за породами. Для здійснення досліджень було підготовлено рейки відповідних перерізів, з яких виготовляли зразки для експериментів. Рейки витримували за кімнатної температури (рис. 1).



Рис. 1. Довгі дерев'яні рейки для виготовлення зразків

Fig. 1. Long wooden strips for making specimens

Розміри підготовлених зразків для випробувань у лабораторних умовах такі: для встановлення щільності – 30×20×20 мм; показника ударної твердості – 150×20×20 мм; показника статичної твердості – 50×50×50 мм; показника міцності при статичному вигині – 300×20×20 мм; показника міцності при сколюванні в лабораторних умовах вздовж волокон – 50×30×20 мм; показника міцності при стисканні – 60×30×30 мм (рис. 2).

У роботі використано такі методи досліджень: сортування – за породами та певними класифікаційними критеріями; очищення – для видалення зовнішніх поверхонь забруднювачів; оброблення – для перетворення очищеної ВЖД на зразки для випробувань; випробування експериментальних зразків – для визначення властивостей; математичної статистики – для оброблення результатів експериментальних досліджень.

Усі випробування проводили в лабораторії за температури 20 ± 5°C і вологості 40-65%. Підготовлені зразки ВЖД випробували на сертифікованому обладнанні (згідно з ГОСТ 28840:1990) та апаратурі за апробованими методиками (методами визначення), регламентованих стандартами: ГОСТ 16483.1:1984; ГОСТ 16483.3:1984; ГОСТ 16483.5:1973; ГОСТ 16483.10:1973; ГОСТ 16483.16:1981; ГОСТ

16483.17:1981; EN 350-2:2004; EN 460:2018; ISO 3129:2019; Normen für Holz (2009). Вологість зразків для здійснення випробувань у лабораторних умовах вимірювали стандартним вологоміром. Випробування за такою методикою проводили

для зразків вживаної та первинної деревини. За результатами статистичної роботи (пакетів програми Microsoft Excel) виконували порівняльний аналіз за основними фізичними та механічними характеристиками досліджуваних порід.



Рис. 2. Види зразків для експерименту на статичну твердість і стискання  
Fig. 2. Types of specimens for the experiment on static hardness and compression

**Результати (Results).** Порівняння щільності зразків за досліджуваними породами із ВЖД із дахових конструкцій та ПД цих же порід виявило відмінності в межах 5%. (рис. 3).

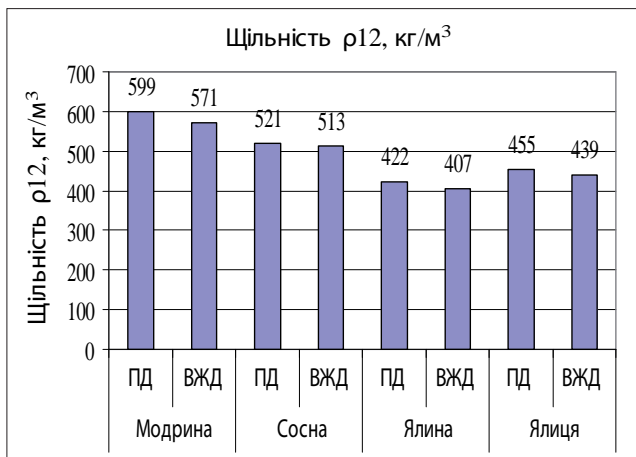


Рис. 3. Порівняльні дані щільності шпилькових порід  
Fig. 3. Comparative data on the density of softwood species

За результатами визначення показника ударної твердості під час падіння кульки на зразки вживаної деревини досліджуваних порід встановлено, що відхилення від значень аналогічних експериментів для первинної деревини становили не більше 2% (рис. 4 і 5).

Під час визначення показника статичної твердості при стиску зразків ВЖД досліджуваних порід отримано значення параметрів, які не перевищують 1-2% порівняно із випробуваннями зразків тих же порід із ПД (рис. 6 і 7).

За результатами проведення експерименту на визначення показника міцності на статичний згин на зразках із ВЖД шпилькових порід, зокрема ялиці, ялини, сосни та модрина, отримано відхилення в межах 5-10% залежно від породи порівняно із випробуваннями над зразками із ПД тих же порід (рис. 8 і 9).



Рис. 4. Проведення експерименту на ударну твердість  
Fig. 4. Conducting an experiment on impact hardness



Рис. 5. Порівняльні дані показників ударної твердості шпилькових порід

Fig. 5. Comparative data on the impact hardness of softwood species

Також експериментально виявлено відхилення показників міцності при сколюванні в лабораторних умовах під час випробування зразків із ВЖД досліджуваних шпилькових порід, які становили не більше 8% порівняно із випробуваннями над зразками із ПД (рис. 10 і 11).



Рис. 6. Проведення експерименту на статичну твердість

Fig. 6. Conducting an experiment on static hardness

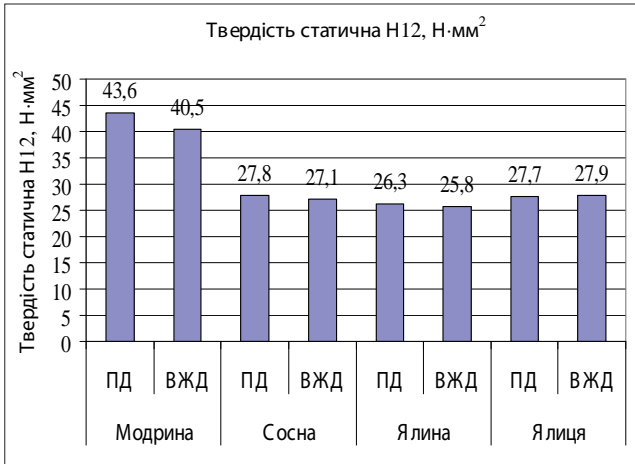


Рис. 7. Порівняльні дані показників статичної твердості шпилькових порід

Fig. 7. Comparative data on static hardness of softwood species



Рис. 8. Проведення експерименту на статичний згин

Fig. 8. Conducting an experiment for determining the cross-breaking strength

Лабораторний експеримент на стиск зразків досліджуваних порід із ВЖД також показав незначні відхилення порівняно із аналогічними випробуваннями над зразками із ПД тих же порід (рис. 12 і 13).

Результати досліджень фізико-механічних показників деревини ялиці, ялини, сосни та модрина зведено у підсумкову табл. 1.

Кожен із отриманих вище показників підлягав статистичному обробленню. Результати статистичної обробки даних деревини із дахових конструкцій на прикладі сосни наведено у табл. 2.

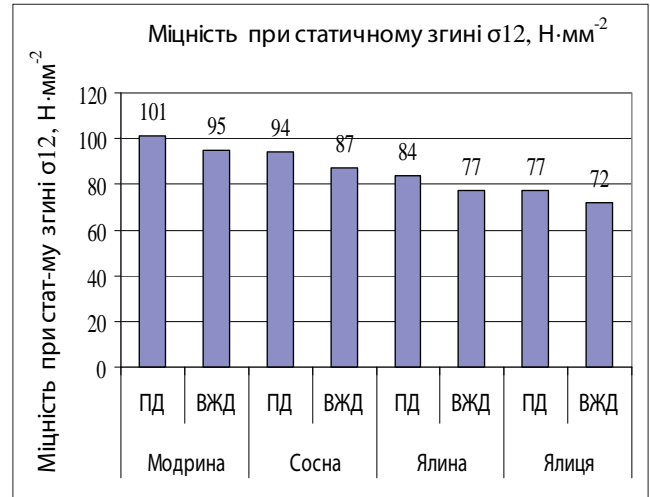


Рис. 9. Порівняльні дані міцності при статичному згині зразків шпилькових порід

Fig. 9. Comparative data on cross-breaking strength of softwood species

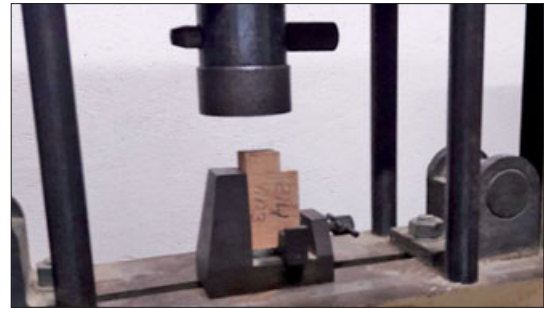


Рис. 10. Експеримент на міцність при сколюванні вздовж волокон

Fig. 10. Experiment for determination of ultimate shearing strength parallel to grain

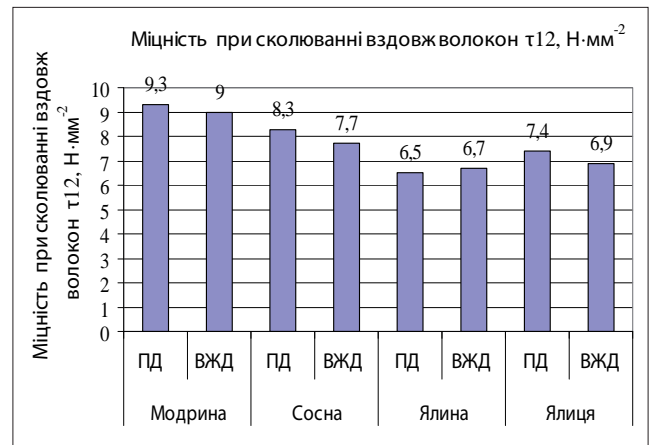


Рис. 11. Порівняльні дані міцності при сколюванні зразків шпилькових порід

Fig. 11. Comparative data on ultimate shearing strength parallel to grain of softwood species

Для побудови стовпчикової гістограми мінімальних, максимальних та усереднених статистичних показників деревини сосни (ВЖД та ПД)

із дахових конструкцій використано зведені дані з табл. 2 (рис. 14).

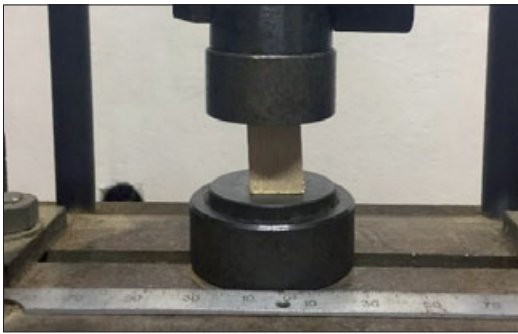


Рис. 12. Експеримент на визначення міцності при стиску вздовж волокон

Fig. 12. Experiment for determination of compression strength parallel the grain

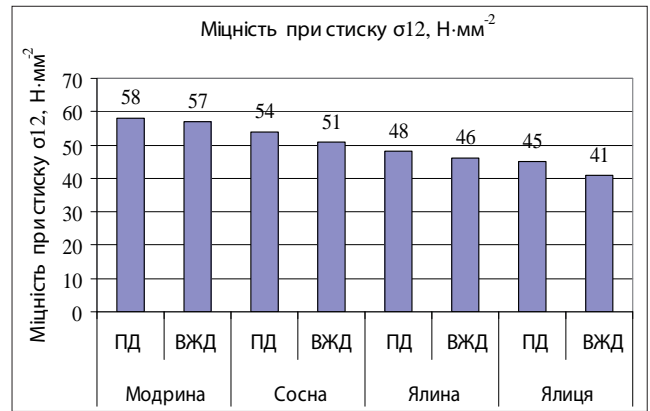


Рис. 13. Порівняльні дані міцності при стиску зразків вздовж волокон

Fig. 13. Comparative data on ultimate compression strength parallel the grain

Таблиця 1

**Фізичні та механічні характеристики вживаної і первинної деревини**  
**Table 1. Physical and mechanical characteristics of PCW and primary wood**

Фізична та механічна характеристика	Шпилькові породи із дахових конструкцій							
	Модрина		Сосна		Ялина		Ялиця	
	ПД	ВЖД	ПД	ВЖД	ПД	ВЖД	ПД	ВЖД
Щільність 12%, кг/м <sup>3</sup>	599	571	521	513	422	407	455	439
Ударна твердість, МПа	9	8,7	7,3	7,2	7,5	7,3	7,3	7
Статична твердість, МПа	43,6	40,5	27,8	27,1	26,3	25,8	27,7	27,9
Міцність при згині, МПа	101	95	94	87	84	77	77	72
Міцність при сколюванні, МПа	9,3	9	8,3	7,7	6,5	6,7	7,4	6,9
Міцність при стиску, МПа	58	57	54	51	48	46	45	41

Таблиця 2

**Результати статистичного оброблення показників деревини сосни**  
**Table 2. The results of statistical processing of pine wood**

Вид	Статистичний показник деревини сосни (ВЖД та первинної)	N, шт	$M_{\text{ср}}$	$M_{\text{min}}$	$M_{\text{max}}$	$\pm$	V, %	P, %
ПД	Щільність 12%, кг/м <sup>3</sup>	40	521,0	449,6	572,6	6,54	8,52	1,35
	Ударна твердість, МПа	40	7,3	6,3	8,0	0,07	6,58	1,04
	Статична твердість, МПа	40	27,8	24,0	30,6	0,28	6,74	1,07
	Міцність при згині, МПа	40	94,0	81,1	103,3	0,80	5,76	0,91
	Міцність при сколюванні, МПа	40	8,3	7,2	9,1	0,06	5,12	0,81
	Міцність при стиску, МПа	40	54,0	46,6	59,3	0,40	5,06	0,80
ВЖД	Щільність 12%, кг/м <sup>3</sup>	40	513,0	442,7	563,8	6,66	8,81	1,39
	Ударна твердість, МПа	40	7,2	6,2	7,9	0,07	6,24	0,99
	Статична твердість, МПа	40	27,1	23,4	29,8	0,31	7,69	1,22
	Міцність при згині, МПа	40	87,0	75,1	95,6	0,68	5,28	0,84
	Міцність при сколюванні, МПа	40	7,7	6,6	8,5	0,08	7,05	1,11
	Міцність при стиску, МПа	40	51,0	44,0	56,0	0,39	5,22	0,83

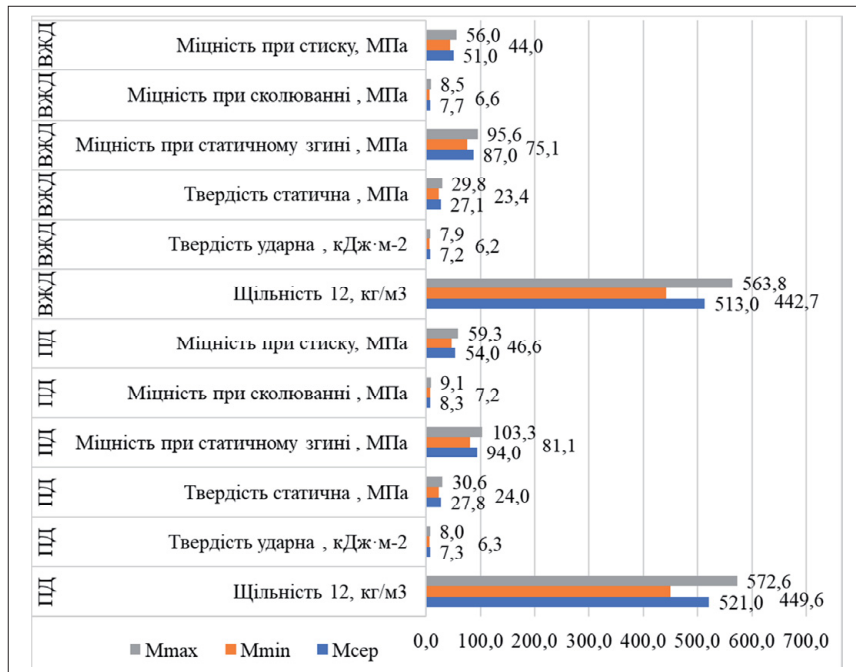


Рис. 14. Порівняльні гістограми зведених показників фізико-механічних властивостей вживаної та первинної деревини сосни

Fig. 14. Comparative histograms of summary indicators of physical and mechanical properties of used and primary pine wood

**Дискусія (Discussion).** Найбільшу відмінність у величині показника щільності встановлено для деревини модрини, де для ПД він становить 599, а для ВЖД – 571 кг/м<sup>3</sup>, що менше на 4,67%. Для інших порід таке зменшення становить: ялини – 3,55%, ялиці – 3,52%, сосни – 1,54%. Отже, результати досліджень підтвердили не суттєве зменшення щільності ВЖД порівняно із ПД, яке практично не перевищує 5%. Подібні результати знаходимо у працях інших дослідників (Максимчук, Сопушинський, & Тімочко, 2017), проте зазначені автори визначали тільки базисну щільність прямоволоконистої та хвилясто-завилькуватої деревини ялиці, не охоплюючи дослідженнями деревину інших порід, і, тим більше, не акцентуючи уваги на зміні щільності деревини з віком.

Також з віком змінився показник ударної твердості, зокрема у бік зменшення для всіх порід. Найбільшу відмінність у величині показника ударної твердості зафіксовано для деревини ялиці, де для ПД вона становить 7,3, а для ВЖД – 7,0 МПа (відхилення 4,11%). Для інших порід таке зменшення становить: ялини – 2,67%, модрини – 3,33% і найменше для сосни – 1,37%. Отже, результати досліджень підтвердили не суттєве зменшення ударної твердості у ВЖД порівняно із ПД, яке не перевищує 4,5%. Радіальну ударну твердість деревини окремих порід вивчав Б. Н. Уголев (2004), але дослідженнями не охоплено деревину основних шпилькових порід та не досліджено деревину після завершення терміну її експлуатації.

Значення показника статичної твердості помітно відрізняється від такого для ударної твердості. Так, найбільшу відмінність встановлено для деревини

модрини, де для ПД він становить 43,6, а для ВЖД – 40,5 МПа (відхилення 7,11%). Для інших порід таке зменшення становить: для ялини – 1,90%, сосни – 2,52%. Поряд з цим, для деревини ялиці спостережено незначне збільшення – на 0,72%. Результати досліджень підтвердили найбільше зниження показника статичної твердості для деревини модрини та не суттєве – для ВЖД інших шпилькових порід порівняно із ПД, яке не перевищує 2,5%. Зазначено (Вінтонів, Сопушинський, Тайшингер, 2007), що за величиною статичної твердості модрина належить до твердих порід, а сосна, ялиця та ялина – до м'яких, оскільки у них значення цього показника не перевищує 40 МПа. Проте відсутні дані щодо зміни статичної твердості за терміном експлуатації деревини.

Серед досліджуваних показників найбільшу відмінність спостережено під час дослідження такого показника, як міцність при статичному згині. Так, для ялини цей показник для ПД становить 84, а для ВЖД – 77 МПа, що на 8,33% менше. Для інших порід зменшення становить: ялиці – 6,49%, модрини – 5,94% та сосни – 7,45%. Отже, за результатами досліджень зменшення міцності при згині у ВЖД, порівняно із ПД, не перевищує 8,5%.

Зміна міцності при сколюванні суттєво відрізняється від зміни міцності при статичному згині. Так, найбільшу відмінність у величині показника міцності при сколюванні зафіксовано для деревини сосни (7,23%), де для ПД вона становить 8,3, а для ВЖД – 7,7 МПа. Для модрини таке зменшення становить 3,23%, для ялиці – 6,76%, тоді як для деревини ялини спостерігаємо деяке збільшення – на 3,08%. Результати досліджень показали найбільше

зниження цього показника між ПД та ВЖД для сосни та не суттєві зміни міцності при сколюванні у деревини інших шпилькових (не більше 7,0%).

Також з віком змінився показник міцності при стиску вдовж волокон, насамперед у бік зменшення для всіх порід. Найбільшу відмінність у величині показника міцності деревини при стиску вдовж волокон встановлено для ялиці, де для ПД він становить 45, а для ВЖД – 41 МПа (зниження на 8,89%). Для інших порід таке зниження становить: ялини – 4,17%, сосни – 5,56%, модрина – 1,72%. Отже, результати досліджень показали незначне зменшення міцності при стиску вдовж волокон для деревини модрина, тоді як для інших порід цей показник для ВЖД дещо більший, однак не перевищує 9,0%. За результатами наших попередніх досліджень (Гайда, 2018) встановлено, що ВЖД шпилькових порід може ефективно використовуватись для виготовлення конструктивних елементів меблевих виробів, оскільки має високі показники міцності на стиск вздовж волокон.

Отже, за результатами досліджень отримано та встановлено динаміку фізико-механічних показників ВЖД шпилькових порід та з'ясовано, що з часом експлуатації за різних умов вони змінюються, в основному, у бік зменшення: щільності – на 1,54-4,67%; ударної твердості – на 1,37-4,11%; статичної твердості – на 0,72-7,11%; міцності при статичному згині – на 5,94-8,33%, міцності при сколюванні – на 3,08-7,23%; міцності при стиску вдовж волокон – на 1,72-8,89%.

**Висновки (Conclusions).** Потенційним і додатковим резервом деревинної сировини в Україні є ВЖД, яку доцільно використовувати в технологіях деревооброблення для виробництва конструкційних матеріалів та у виготовленні складових елементів меблевих виробів.

Фізико-механічні властивості ВЖД ялиці, ялини, сосни і модрина зменшуються порівняно з аналогічними показниками первинної деревини. Так, щільність зменшується не більше ніж на 4,7%; ударна твердість знижується не більше ніж на 4,1%; статична твердість – на 7,1%; міцність при статичному згині – на 8,33%; міцність при сколюванні зменшується не більш як на 7,2%, однак для ВЖД ялини вона зростає на 3,1%; міцність при стиску вдовж волокон знижується не більше ніж на 8,9%.

Основні причини вікових змін властивостей ВЖД зумовлені такими чинниками: *біологічними* – вивітрянанням, частковою внутрішньою гнилизною, пошкодженням комахами; *механічними* – сколи, подряпини, невеликі отвори від засобів кріплення та інші дефекти від користування; *експлуатаційними* – впливом силових і динамічних навантажень, впливом поверхневих засобів оздоблення та інших чинників на елементи конструкцій виробів з деревини. Знаючи динаміку фізико-механічних властивостей ВЖД з віком, можна рекомендувати цей додатковий деревинний матеріал для виготовлення конструкційних матеріалів: з механічними пошкодженнями, видимими на поверхні, та зміна-

ми кольору – для виготовлення столярних плит; з якісними поверхнями – для виготовлення меблевих щитів.

## Список літератури (References)

- Ашкенази, Е.К. (1980). *Анизотропия древесины и древесных материалов*. Москва: Лесная промышленность [Ashkenazi, Ye.K. (1980). *Anisotropy of wood and wood materials*] (in Russian)
- Вінтонів, І.С., Сопушинський, І.М., Тайшингер, А. (2007). *Деревинознавство*. Львів: Апріорі [Vintoniv, I.S., Sopushynskyy, I.M., & Teishinger, A. *Wood science*. Lviv: Apriori] (in Ukrainian)
- Волынский, В.Н. (2000). *Взаимосвязь и изменчивость физико-механических свойств древесины*. Архангельск: Изд-во Архангельского гос. техн. ун-та [Volynskyy, V.N. *Interconnection and variability of physical and mechanical properties of wood*. Arkhangelsk: Publishing house of the Arkhangelsk State Technical University] (in Russian)
- Войтович, І.Г. (2010). *Основи технології виробів з деревини*. Львів: Країна ангелів [Voytovych, I.G. *Fundamentals of wood products technology*. Lviv: Country of Angels] (in Ukrainian)
- Гайда, С.В. (2019а). Науково-технічні основи використання вживаної деревини в деревообробці: дис. ... д-ра тех. наук: 05.23.06 / Національний лісотехнічний університет України. Львів, 465 с. [Gayda, S.V. (2019). *Scientific and technical basis of post-consumer wood use in woodworking*: Dissertation of the Doctor of Technical Sciences. Ukrainian National Forestry University. Lviv, Ukraine. Retrieved from <https://drive.google.com/file/d/1vwVTBx916K9D1kq1Ji9rFmLpHOysCH8P/view>] (in Ukrainian)
- Гайда, С.В. (2017). Комплексні дослідження зміни пружних властивостей вживаної деревини ялиці з віком. *Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість*, 43, 58-72. [Gayda, S.V. (2017). The complex studies on the change of elastic properties of post-consumer fir wood with age. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 43, 58-72. <https://doi.org/10.36930/42174308>] (in Ukrainian)
- Гайда, С.В. (2019b). Визначення та порівняння властивостей вживаної деревини основних хвойних порід. *Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість*, 45, 38-49. [Gayda, S.V. (2019). A determination and comparison of properties of post-consumer wood of the basic conifers. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 45, 38-49. <https://doi.org/10.36930/42194506>] (in Ukrainian)
- Гайда, С.В. (2018). Міцність комбінованих столярних плит із вживаної деревини. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка*, 197, 3-9. [Gayda, S.V. (2018). Strength of combined blockboard made of post-consumer wood (PCW). *Bulletin of the Petro Vasylenko Kharkiv National Technical Univer-*

- sity of Agriculture, 197, 3-9. Retrieved from <http://dspace.khntusg.com.ua/handle/123456789/8405>] (in Ukrainian)
- Гайда, С. В., Кійко, О. А. (2018). Формостійкість як критерій якості столярних плит із живаної деревини. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 17, 185-192. [Gayda, S. V., & Kiyko, O. A. (2018). Shape stability as a quality criterion for PCW-made blockboards. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 17, 185-192. <https://doi.org/10.15421/411834>] (in Ukrainian)
- ГОСТ 16483.1:1984 (1985). *Древесина. Метод определения плотности*. [Введен в действие от 1985-02.01]. Москва: Издательство стандартов. [GOST 16483.1:1984 (1985). *Wood. Method for determination of density*. [Effective from 1985-02.01]. Moscow: Publishing house of standards] (in Russian)
- ГОСТ 16483.3:1984 (1985). *Древесина. Метод определения предела прочности при статическом изгибе*. [Введен в действие от 1985-07.01]. Москва: Издательство стандартов. [GOST 16483.3:1984 (1985). *Wood. Method for determining the cross-breaking strength*. [Effective from 1985-07.01]. Moscow: Publishing house of standards] (in Russian)
- ГОСТ 16483.5:1973 (1974). *Древесина. Методы определения предела прочности при скалывании вдоль волокон*. [Введен в действие от 1974-07.01]. Москва: Издательство стандартов. [GOST 16483.5:1973 (1974). *Wood. Methods for determination of ultimate shearing strength parallel to grain*. [Effective from 1974-07.01]. Moscow: Publishing house of standards] (in Russian)
- ГОСТ 16483.10:1973 (1974). *Древесина. Методы определения предела прочности при сжатии вдоль волокон*. [Введен в действие от 1974-07.01]. Москва: Издательство стандартов. [GOST 16483.10:1973 (1974). *Wood. Methods for determination of ultimate compression strength parallel the grain*. [Effective from 1974-07.01]. Moscow: Publishing house of standards] (in Russian)
- ГОСТ 16483.16:1981 (1983). *Древесина. Метод определения ударной твердости*. [Введен в действие от 1983-01.01]. Москва: Издательство стандартов. [GOST 16483.16:1981 (1983). *Wood. Method for determination of impact hardness*. [Effective from 1983-01.01]. Moscow: Publishing house of standards] (in Russian)
- ГОСТ 16483.17:1981 (1983). *Метод определения статической твердости*. [Введен в действие от 1983-01.01]. Москва: Издательство стандартов. [GOST 16483.17:1981 (1983). *Wood. Method for determination of static hardness* [Effective from 1983-01.01]. Moscow: Publishing house of standards] (in Russian)
- ГОСТ 28840:1990 (1993). *Машины для испытания материалов на растяжение, сжатие и изгиб. Общие технические требования*. [Введен в действие от 1993-01.01]. Москва: Издательство стандартов. [GOST 28840:1990 (1993). *Machines for tension, compression and bending testing of materials. General technical requirements*. [Effective from 1993-01.01]. Moscow: Publishing house of standards] (in Russian)
- 10.01]. Moscow: Publishing house of standards] (in Russian)
- Дячун, З. Й. (2007). *Конструювання меблів. Корпусні вироби*. Київ: Києво-Могилянська академія [Dyachun, Z. J. (2007). *Furniture design: Cabinet products*. Kyiv: Mohyla Academy House] (in Ukrainian)
- Максимчук, Р. Т., Сопушинський, І. М., Тімочко, І. Я. (2017). Особливості формування річного кільця та базисної щільності прямоволокнутої та хвилясто-завилькуватої деревини *Abies alba* Mill. *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України*, 27.9, 30-33. [Maksymchuk, R. T., Sopushynskyy, I. M., & Timochko, I. Ya. (2017). Some Features of formation of annual ring and basic density of straight-grained and wavy-grained wood *Abies alba* Mill]. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 27 (9), 30-33. <https://doi.org/10.15421/40270906>] (in Ukrainian)
- Прокопович, Б. В., Войтович, І. Г., Гайда, С. В., Кшивецький, Б. Я. (2002). *Тлумачний словник з деревооброблення*. Львів: Ромус-Поліграф [Prokopovych, B. V., Voytovych, I. G., Gayda, S. V., & Kshyvetskyuy, B. Ya. (2002). *Explanatory dictionary from Woodworking*. Lviv: Romus-Polygraph] (in Ukrainian)
- Уголев, Б. Н. (2004). *Древесиноведение и лесное товароведение*. Москва: Академия [Ugolev, B. N. (2004). *Timber science and forest merchandising*. Moscow: Academy] (in Russian)
- AltholzV (2003). *Verordnung über Anforderungen an die Verwertung und Beseitigung von Altholz* (Altholzverordnung – AltholzV), Art. 1a der Verordnung vom 1. März 2003. BGBl. I.: 3302-3317 [AltholzV (2003). Ordinance on requirements for the utilization and disposal of waste wood (waste wood ordinance – AltholzV), Art. 1a of the ordinance of March 1, 2003. Federal Law Gazette I.: 3302-3317. Retrieved from <https://www.gesetze-im-internet.de/altholzv/AltholzV.pdf>] (in German)
- COST Action E 31. (2004). National summary reports on the European market of recovered wood. 335 p. Retrieved from <https://www.cost.eu/actions/E31/>
- EN 350-2:1994. *Durability of wood and wood-based products*. Natural durability of solid wood. Part 2: Guide to natural durability and treatability of selected wood species of importance in Europe. British Standard: London, BSI, 389 Chiswick High Road, W4 4AL
- EN 460:2018. *Durability of wood and wood-based products*. Natural durability of solid wood. Guide to the durability requirements for wood to be used in hazard classes. British Standard: London, BSI, 389 Chiswick High Road, W4 4AL
- Gayda, S. V., & Kiyko, O. A. (2020a). Determining the regime parameters for the surface cleaning of post-consumer wood by a needle milling tool. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (1 [107]), 89-97. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.212484>
- Gayda, S. V., & Kiyko, O. A. (2020b). The investigation of properties of blockboards made of post-con-



- sumer wood. *Drewno*, 63 (206), 77-102. <https://doi.org/10.12841/wood.1644-3985.352.10>
- Holzmann, M. (2005). *Management von Altholz in Österreich – Mengen, Qualitäten, Aufbereitung, Verwertung*. Pinkafeld: Diplomarbeit an der Fachhochschule Burgenland [Holzmann, M. (2005). *Management of waste wood in Austria – quantities, qualities, processing, recycling*. Pinkafeld: Diploma thesis at the Burgenland University of Applied Sciences. Retrieved from <https://fhhburgenland.contentdm.oclc.org/digital/collection/p16083coll1/id/277353/>] (in Germany)
- ISO 3129:2019 (2019). *Wood – Sampling methods and general requirements for physical and mechanical testing of small clear wood specimens*. [Effective from 2019-11.01]. (Published in Switzerland: CH-1214 Vernier, Geneva). Retrieved from <https://www.iso.org/standard/74839.html>
- Mantau, U., Steierer, F., Hetsch, S., & Prins, Ch. (2008). Wood resources availability and demands – Part I National and regional wood resource balances 2005; Background paper to the UNECE/FAO Workshop on Wood balances, Geneva, 2008: UNECE/FAO Retrieved from [https://unece.org/fileadmin/DAM/timber/workshops/2008/wood-balance/docs/wood%20availability\\_part1\\_final.pdf](https://unece.org/fileadmin/DAM/timber/workshops/2008/wood-balance/docs/wood%20availability_part1_final.pdf)
- Marutzky, R. (1997). Qualitätsanforderungen und Entsorgungswege für Rest- und Gebrauchtholz. In: *Alt- und Restholz – Energetische und stoffliche Verwertung, Beseitigung, Verfahrenstechnik, Logistik* (ss. 114-118). Düsseldorf: VDI-Verlag [Marutzky, R. (1997). Quality requirements and disposal methods for residual and used wood. In: *Waste and residual wood – energy and material recycling, disposal, process engineering, logistics* (pp. 114-118). Dusseldorf: VDI publishing house. Retrieved from [https://www.iuta.de/igf-docs/11451\\_kurzbericht\\_holz.pdf](https://www.iuta.de/igf-docs/11451_kurzbericht_holz.pdf)] (in Germany)
- Normen für Holz (2009). *DIN-Taschenbuch 31*. [8<sup>te</sup> Aufl.]. Berlin: Beuth [Wood Standards (2009). DIN paperback 31. [8th edition]. Berlin: Beuth. Retrieved from <https://www.amazon.de/Normen-%C3%BCber-Holz-DIN-V/dp/3410174486>] (in Germany)
- Peek, R.-D. (2006). *German experience on wood residues*. BFH, Leuschnerstr, 91, D-21031. Hamburg: Federal Research Center for Forestry and Forest Products Retrieved from <http://cdi.mecon.gov.ar/bases/docelec/az1652.pdf>
- Ratajczak, E., Szostak, A., Bidzinska, G., & Leszczyszyn, E. (2018). *Market in wood by-products in Poland and their flows in the wood sector*. *Drewno*, 61 (202), 5-20. Retrieved from [file:///C:/Users/New/Downloads/Market\\_in\\_wood\\_by\\_products\\_in\\_Polan.pdf](file:///C:/Users/New/Downloads/Market_in_wood_by_products_in_Polan.pdf) <https://doi.org/10.12841/wood.1644-3985.301.05>
- Verordnung über Anforderungen an die Verwertung und Beseitigung von Altholz V (Altholzverordnung)* (2006). Art. 2a der Verordnung vom 20. BGBl. I, 48, 2298, 2331 [Ordinance on Requirements for the Use and Disposal of Waste Wood V (Waste Wood Ordinance) (2006). Article 2a of the Ordinance of the 20th Federal Law Gazette I, 48, 2298, 2331. Retrieved from [https://beck-online.beck.de/?vpath=bibdata/komm/LaRoKoUmwR\\_57/ges/AltholzV/cont/LaRoKoUmwR.AldholzV%2Ehtm](https://beck-online.beck.de/?vpath=bibdata/komm/LaRoKoUmwR_57/ges/AltholzV/cont/LaRoKoUmwR.AldholzV%2Ehtm)] (in Germany)
- Werner, F., Althaus, H.-J., Richter, K., & Scholz, R. W. (2007). Post-Consumer Waste Wood in Attribute Product LCA. Context specific evaluation of allocation procedures in a functionalistic conception of LCA. *Int J LCA*, 12 (3), 160-172. <https://doi.org/10.1065/lca2006.05.249>

## Post-consumer wood properties as an important factor in the quality of constructional materials

S. Gayda<sup>1</sup>, O. Kiyko<sup>2</sup>

An additional and underutilized resource that accumulates annually is post-consumer wood. The annual potential volume of this resource of wood raw material in Ukraine is about 2.0 million tons. This important source of wood raw materials, due to the lack of a regulatory framework, scientific and technical foundations for use, classification, technological developments and practical recommendations, has not yet received proper use at woodworking enterprises in Ukraine. We have made the first attempts to study the physical and mechanical properties of the post-consumer wood and suggest ways to use it.

Among a variety of indicators of the mechanical and physical characteristics of used wood specimens from roof structures, we have identified the most important ones that are important for the use of such wood in the manufacture of panel structural materials, in particular in the production of blockboards.

It is substantiated that the identification of the main indicators of post-consumer wood (PCW), and their comparison with the same indicators of primary wood (PW), in particular, the main softwood species, is an urgent scientific problem, since provisioning the regulatory database will ensure the manufacture of high-quality wood products with maximum consideration of the mechanical and physical characteristics of this potential reserve of raw materials, which is advisable to use in woodworking technologies for the production

<sup>1</sup> Serhiy Gayda – Corresponding Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Doctor of Engineering Sciences, Professor at the Department of Furniture Production Techniques and Wood Products Technology. Ukrainian National Forestry University. 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: 032-238-45-04, +38-067-791-25-22. E-mail: serhiy.hayda@nltu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7468-5661>

<sup>2</sup> Orest Kiyko – Full Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Doctor of Engineering Sciences, Professor at the Department of Furniture Production Techniques and Wood Products Technology. Ukrainian National Forestry University. 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: 032-238-45-04, +38-067-989-80-88. E-mail: orest.kiyko@nltu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5504-0278>

of structural materials and components of furniture products.

Physico-mechanical parameters of PW and PCW of pine, spruce, fir and larch were identified and it was found that with time of operation under different conditions they change, mainly towards decreasing their values: density – by 1.54-4.67%; impact hardness – by 1.37-4.11%; static hardness – by 0.72-7.11%; cross-breaking strength – by 5.94-8.33%, shearing strength – by 3.08-7.23%; compressive strength along the fibers – by 1.72-8.89%.

The main causes of age-related changes in the properties of PCW are due to the following factors: *biological* – partial internal rot, weathering, insect damage; *mechanical* – scratches, shearing, small holes from fasteners and other defects from use; *operational* – the influence of dynamic and power loads, surface finishes and other factors on structural elements of

wood products. Possessing the obtained indicators and knowing the change in the physical and mechanical properties of PCW with age, we can recommend this additional wood material for the manufacture of structural materials: with mechanical damage visible on the surface and color changes – for the manufacture of blockboards; with high-quality surfaces – for the manufacture of furniture panels

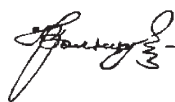
The results of studying the indicators of the physical and mechanical properties of PCW of the main softwood species made it possible to understand the nature of the change in these indicators in comparison with PW, to elaborate practical recommendations for efficient material processing, and to fill the regulatory database.

**Key words:** woodworking technologies; physical and mechanical properties; strength; density; hardness; processing; wood resource.

## 7. СТОРІНКИ ПАМ'ЯТІ

### **Біологічна наука – інструмент до пізнання законів функціонування лісових екосистем (сторінки пам'яті на пошану професора, доктора біологічних наук Василя Григоровича Коліщука – до 95-річчя з дня народження)**

М. І. Сорока, А. Д. Шовган, Г. Т. Криницький, С. І. Миклуш, Ю. М. Дебринюк, Т. В. Юськевич



*Василь Григорович Коліщук – видатний український ботанік, основоположник української школи дендрохронології, автор наукового відкриття у галузі дендроекології та еволюційної морфології рослин. Учений вперше у світі встановив факт морфологічної еволюції рослин від дерев до трав через сланкі форми, на основі чого розробив унікальну методіку вивчення динаміки приросту сланких деревних рослин. Ця методика до сьогодні є базовою для досліджень екоморфогенезу та еволюції рослин, біотичної продуктивності та екології сланких деревних рослин і їх угруповань. Результатом багаторічної праці професора стали також тисячолітні дендрохронологічні шкали для сосни і дуба рівнинних районів України, які до сьогодні цитують міжнародні біологічні видання. Вчений заклав підвалини базових біологічних дисциплін та гербарної справи у Лісотехнічному університеті, піднявши їх до академічного рівня.*

1 лютого 2022 року виповнилося б 95 років видатному вченому у галузі ботаніки, екології та дендрохронології, доктору біологічних наук, професору *Василю Григоровичу Коліщуку*, основопо-

ложнику української дендрохронологічної школи, який виховав не одну сотню професійних лісівників. Віддаючи шану великому Вченому, погортаємо сторінки його життєвої книги...

*Життя як нива.* Зимової днини 1 лютого 1927 року в сім'ї Григорія та Марії Коліщуків із села Ситно народилася третя дитина – син Василь. За Польщі село Ситно належало до гміни Крупець повіту Дубно, а після війни його включено до Радивилівського району Рівненської області. Дитячі роки майбутнього професора пройшли у рідному селі. Там, у вельми поважній багатодітній (із десяти дітей) родині і було закладено основні риси його характеру – чесність, працьовитість і відповідальність, наполегливість і жага до знань. Щоб виростити і виховати десятеро дітей, зберегти їх у важке лихоліття та дати путівку в життя батьки, а з ними і всі діти, повинні були постійно і наполегливо працювати. Аби сільські діти мали можливість навчатися, батько був серед ініціаторів будівництва школи у Ситному і для цього безоплатно віддав свій город. У поліському селі сільським хлопцем розпочав своє сходження до вершин науки майбутній професор і вчений-біолог з енциклопедичними знаннями.

У 1944 р. фронт пройшов через рідне село, і батька, Григорія Герасимовича, призвали до Червоної армії. Проте до фронту він не дійшов. Серед мобілізованих селян енкаведисти зі СМЕРШУ шукали ворогів народу, і хтось із селян під тортурами розповів про будівництво школи на городі родини Коліщуків. Батька звинуватили у співпраці з УПА та українським підпіллям і закатували у застінках НКВД, а сім'ю повідомили, що Григорій Герасимович «пропав безвісти» на фронті. На родину Коліщуків радянська влада повісила тавро «ворогів народу» з усіма важкими наслідками. Коліщуків, як родину «ворога народу» та учасника націоналістичного підпілля, мали виселити в Сибір. Сімнадцятирічному Василю, як старшому сину, довелося узяти на себе всі турботи про матір і молодших дітей – брата і шістьох сестер, оскільки на той час дві старші сестри вийшли заміж і жили окремо. Василь таємно вивіз на підводі рідних за сотні кілометрів у лісничівку, де проживав родич. На довгі роки єдиним годувальником, порадником та ангелом-хранителем для великої родини залишався Василь Григорович, маючи не по роках зрілий світогляд і тверду волю.

По закінченні війни біди не перестали переслідувати сім'ю Коліщуків. У 1963 р. військовий трибунал зняв із батька, Григорія Герасимовича Коліщука, тавро «пропало безвісти» і реабілітував його. Проте сім'ю не повідомили ні про акт реабілітації, ні про місце поховання, а гоніння з боку НКВД – КДБ продовжувалися. Василя Григоровича до останніх днів радянської влади тримали «на зам'ятці»: непояснені затримання з допусками до захисту дисертацій, перешкоди у службовому рості, труднощі з отриманням звань і посад. І лише після того, як радянська влада пішла в небуття, Василь Григорович зміг ознайомитися із документами по справі свого батька та віддати останню шану рідній людині. Протоколи ведення допитів, «зізнання» підсудного і вердикт трибуналу – все це є кричущи-

ми доказами того, як в НКВД нашвидкуруч творили беззаконня і шили «справи» білими нитками.

*Навчати навчаючись.* Цього принципу професор В.Г. Коліщук дотримувався впродовж усього життя. Скрізь і завжди, за всіх обставин життя Василь Григорович був охочим до навчання, завжди мав потяг до знань, до науки. У 1937-1944 рр. закінчив польську Початкову школу у с. Козин і неповну середню (семирічну) школу у с. Крупець. На звільнених українськими повстанцями від червоних і коричневих окупантів територіях Рівненщини він почав навчатися на курсах учителів і одночасно вчителювати у сільській школі (1943-44 рр.). У 1944 р. вступив до Кременецького лісотехнічного технікуму на Тернопільщині. Одночасно із заняттями в технікумі навчався у вечірній середній школі у м. Кременець. Отримавши атестат зрілості, одразу поступив на навчання до Львівського політехнічного інституту на лісогосподарський факультет, який згодом був переданий до складу Львівського сільськогосподарського інституту. Ще студентом Василь Григорович навчався з непереборним бажанням робити все якнайкраще, досягнути вершин у всьому. Спрага до наукових пошуків, вир науки цілком поглинули його. Цариною його досліджень, альфою та омегою його наукових інтересів залишалися карпатські ліси, які він чудово знав, любив і розумів. Після завершення навчання з дипломом (з відзнакою) інженера лісового господарства і рекомендацією на наукову роботу, у 1951 р. Василь Григорович поїхав працювати старшим лісничим Косівського лісгоспу Івано-Франківської області. Проте потяг до наукових пошуків Василя Григоровича ніколи не залишає, і після організації Львівського філіалу АН УРСР його, як здібного професіонала-лісівника і перспективного науковця, за наказом міністра лісового господарства скеровують на наукову роботу. Він стає молодшим науковим співробітником лабораторії лісівництва у новоствореному Інституті агробіології АН УРСР. Впродовж багатьох років – до вересня 1977 р. професор В.Г. Коліщук працює в закладах Академії наук Української РСР: Інституті агробіології АН УРСР (1951-1954), Науково-природознавчому музеї АН УРСР (1954-1964), Львівському відділенні Інституту ботаніки АН УРСР (1964-1977). Завдяки наполегливій праці, тут він виріс від молодшого наукового співробітника до старшого наукового співробітника і вченого секретаря Інституту.

Як говорять, всяке військо міцне тоді, коли має надійний тил. Василь Григорович за складом характеру був максималістом, науковій роботі він віддався цілком і повністю. Але бути таким йому дозволяла «бойова подруга», в одній особі – його любляча дружина, секретар-машиністка, літературний критик і науковий редактор Коліщук Галина Микитівна (з дому Лесик). Такої відданої один одному пари, мабуть, у цілому світі більше не було.

*Геніальність – у простоті.* Науковий ріст Василя Григоровича був логічним і потужним. Величезні зусилля, вкладені ним у дослідницьку працю з

вивчення природи Карпат, високий інтелект, знання кількох іноземних мов та широкий науковий світогляд принесли очікувані плоди. Одна за одною виходять з друку його статті, присвячені вивченню вегетативного поновлення бука в Карпатах (1955), продуктивності букових пралісів (1956), динаміці верхньої межі лісу в Карпатах (1956, 1958), природному поновленню і росту смереки. Монографія «Сучасна верхня межа лісу в Українських Карпатах», яка вийшла друком у 1958 р., була на той час першою працею такого високого рівня, що цитування її трапляється й дотепер у всіх наукових публікаціях про природу Карпат.

Основні дослідження науковця зосереджено на вивченні продуктивності лісових і чагарникових екосистем, зокрема з домінуванням сланких деревних рослин, особливостей морфогенезу сланких рослин, динаміки їх приросту залежно від екологічних чинників та шляхів еволюції. Наукові публікації з'являлися у фахових періодичних наукових виданнях («Лесоведение», «Ботанический журнал», «Український ботанічний журнал») та наукових монографіях і збірниках видавництва АН СРСР та АН УРСР. Вагомі наукові досягнення молодого і талановитого дослідника логічно трансформувались у кандидатську дисертацію на тему: «Верхня межа лісу в Українських Карпатах, її сучасний стан та динаміка», захищену ним у Києві в 1960 році. Окрім здійснення стаціонарних і експедиційних досліджень у Карпатах, Василь Григорович бере участь у Казахстанській геоботанічній експедиції, а також у наукових експедиціях в Киргизстан і Таджикистан, Грузію та Азербайджан, Північний Урал і Східний Сибір. Сотні разів професор виступав на наукових конференціях різного рівня, і вже одна його присутність додавала вагомості будь-яким науковим зібранням.

Оскільки вчений досліджував флору і рослинність високогір'я Карпат, то, розпочавши вивчення деревного ярусу у складі лісових фітоценозів, він зіткнувся з особливою біоморфологічною групою рослин серед кущиків і високих трав. Як справжній науковець, він глибоко вник у морфогенез цих видів, ґрунтовно розвинувши цей напрям ботанічної науки. Стартувавши з вивчення представників родини *Ryolaceae* у складі смерекового пралісу, ботанік Коліщук «захворів» рослинами зі сланким стеблом. Особливу його увагу привернули сланкі деревні рослини, їх еволюція, морфогенез, динаміка приросту, екологічна, фітоценотична і кліматична роль. Для їх вивчення треба було починати все «ab ovo»: спочатку запропонувати оригінальну методику досліджень, а надалі виконати і самі дослідження. Таку методику підготовлено не на порожньому місці, вона стала результатом багаторічної праці і глибокого розуміння законів функціонування біотичних систем усіх рівнів.

Всупереч загальноприйнятим у лісовій таксації методам аналізу росту деревного стовбура у напрямку від основи до верхівки, вченим запропоновано для стелюхів усе рахувати і міряти у про-

тилежному напрямку – від верхівки стовбура до його основи. Розробивши таку унікальну методику досліджень на прикладі *Pinus mughus* Scop., вчений зумів розгадати одну із найбільших тогочасних загадок екоморфогенезу сланких деревних рослин. Вперше у світовій науці вчений побачив і оцінив дві основні їх відмінності: затухання діяльності камбію у головній осі (стовбурі) рослини вниз від підкрової частини, утворення нової кореневої системи та просування її від кореневої шийки вверх по стовбуру за рахунок утворення придаткових коренів із адвентивних бруньок. На основі цього відкриття В.Г. Коліщук розробив світового значення методику щодо вивчення динаміки приросту сланких деревних рослин, яку до сьогодні застосовують у всьому світі. На прикладі високогірних рослин він прослідкував і науково пояснив морфологічну еволюцію рослин: від дерев, через сланкі форми рослин – до трав та заповнив пробіли у класифікації життєвих форм рослин І.Г. Серебрякова стосовно сланких форм кущиків, кущиків і напівкущиків. Це відкриття отримало всесвітнє визнання і методика В.Г. Коліщука була опублікована у монографії «Dendroclimatological Study of Prostrate Woody Plants», до наукової редколегії якої входили авторитетні вчені провідних університетів Нідерландів, США і Великобританії.

Швидко промайнули 11 років плідної і невпинної наукової праці. За цей час молодий кандидат наук виріс до рівня доктора наук. Доповіді вченого звучали на восьми всесоюзних і міжнародних конференціях, у Радянському Союзі і за кордоном друкували його наукові статті і доповіді. Вершиною наукового доробку В.Г. Коліщука стала представлена у 1971 р. до захисту в Ботанічному інституті ім. Комарова АН СРСР (м. Ленінград) дисертація на здобуття вченого ступеня доктора біологічних наук на тему «Стелющиеся древесные растения (эколого-морфологический анализ)». Це були світового значення відкриття в галузі екоморфогенезу та еволюції рослин, біотичної продуктивності та екології сланких деревних рослин і їх угруповань.

У наступні роки вперше в Україні вчений розвивав новий перспективний напрям наукових досліджень – дендрохронологію. Він дослідив динаміку змін річного поточного приросту деревини усіх лісотвірних видів України. До одного із найбільших наукових відкриттів, зроблених професором, відносяться укладені ним тисячолітні (завдовжки 1200 років) дендрохронологічні шкали для сосни і дуба рівнинних районів України, чим фактично і була започаткована українська школа дендрохронології. До сьогодні вчені користуються розробленими ним дендрохронологічними шкалами для ялини звичайної, сосни європейської, сосни гірської. Дуже багато міжнародних біологічних видань до сьогодні цитує власне ці праці в розділі «Дендрохронологія». Основні положення вченого у царині дендрохронології також було визнано світовою науковою спільнотою. Зокрема, результати наукових пошуків професора В.Г. Коліщука

опубліковано у фаховому виданні з дендрохронології Університету Арізона.

Василь Григорович як беззаперечний авторитет у світових наукових колах багато років був беззмінним рецензентом міжнародного журналу «*Biologia Plantarum*». І хоча тогочасний режим не давав змоги вченому брати участь у міжнародних конференціях і симпозіумах за кордоном, В.Г. Коліщук вдалося в ті нелегкі часи виступити на міжнародній конференції по дендрохронології в Італії, підготувавши доповідь англійською мовою.

*Через терни до зірок.* Виявилось, що факти і висновки, викладені професором В.Г. Коліщуком у дисертації, були справжньою сенсацією, тим більше, що наукові відкриття було зроблено людиною із тогочасної «провінції» – Радянського Союзу, сином «ворога народу». Серед очільників ботанічної науки у Радянському Союзі було чимало людей з імперськими амбіціями. За їх поглядами «...ну никак не мог заурядный научный работник из провинциального города сделать научное открытие глобального масштаба». Але Василь Григорович таки зумів. Головний вираз керівника програм досліджень флори і рослинності високогір'я на території Радянського Союзу професора О. Толмачова повис у повітрі: «... неужели никто в мире не сумел этого сделать раньше Вас?».

Коли професор зіткнувся із важкою непробивною стіною тогочасної заполітизованої науки, були й хвилини розпачу, подолати які допоміг щирий і доброзичливий вираз, сказаний тихенько, «на вухо», українською мовою професором Андрієм Яценко-Хмелевським під час першої доповіді професора В.Г. Коліщук у Ленінграді, на яку обрушився гнів радянської ботанічної еліти: «Борис, козаче, я теж жовто-блакитник». Завдяки цій підтримці вчений не зламався: роботу визнали на найвищому науковому рівні, а його праці почали цитувати найавторитетніші світові біологічні видання.

Професор В.Г. Коліщук з науковими експедиціями об'їздив усі гірські системи Радянського Союзу, виступав з доповідями на міжнародних форумах у всіх союзних республіках і друкувався у виданнях усіх академій наук. Проте за існування СРСР за ним постійно крокувала тінь «беспартійного, неблагонадежного сына врага народа», яка зникла лише після розпаду Радянського Союзу.

*Наш професор.* У 1974 р. професора В.Г. Коліщук запрошено до складу спеціалізованої ради при Львівському лісотехнічному інституті і одночасно – до читання лекцій з ботаніки. У вересні 1977 р. його обрано на посаду професора кафедри дендрології і деревинознавства Львівського лісотехнічного інституту, а в лютому 1981 р. присвоєно вчене звання професора. Завдяки старанням В.Г. Коліщук методика викладання ботаніки і дендрології на кафедрі ботаніки лісотехнічного інституту набула академічних рис. Він наполегливо привчав колектив кафедри до високих стандартів ботанічної науки, прищеплюючи їм не лише скрупульозність у виконанні анатомічних і морфологіч-

них зразків, але й принциповість і добросовісність у наукових дослідженнях.

На викладацькій роботі у Львівському лісотехнічному інституті (згодом – університеті), якому вчений віддав три десятиліття життя, його академічні знання стали вагомою підмогою у нелегкій праці виховання фахівців-лісівників. Як професор він чудово володів методиками організації та проведення занять, здійснював керівництво дипломним проектуванням, вів складну виховну роботу. Такого авторитету, який мав серед студентів професор В.Г. Коліщук, можна було досягнути не тільки вимогливістю і намаганням навчити, але й надзвичайною доброзичливістю та справедливістю до всіх.

Окрім суто викладацької праці, вчений брав активну участь у громадському житті колективу. Він був головою методичної ради лісогосподарського факультету, більше десяти років керував студентським науковим товариством. Перу видатного вченого належать не тільки численні наукові публікації, але й конспекти лекцій, методичні вказівки, навчальні посібники, практикуми, а також і підручник з ботаніки для студентів різних спеціальностей.

*Зберегти для нащадків.* Завдяки старанням професора В.Г. Коліщук, у фондах Гербарію Національного лісотехнічного університету України (LWFU) у автентичному вигляді збережено історичні збори австро-угорських і польських ботаніків, які професор, у часи тотального нищення старих фондів, власноруч перевіз на кафедру ботаніки. Гербарій Національного лісотехнічного університету України пережив чимало критичних періодів. У радянські часи більшість історичних зборів було знищено, і лише невелику їхню частину, врятовану професором В.Г. Коліщуком, збережено до наших днів.

Впродовж багатьох років учений був науковим керівником тоді ще Державного заповідника «Розточчя». Під його керівництвом працівниками заповідника розпочато системні наукові дослідження, налагоджено систему ботанічних і зоологічних моніторингових ділянок і маршрутів. Тут регулярно проходили наукові атестації, що вимагало від працівників заповідника самовідданої праці і постійного удосконалення. Тоді ж за активної підтримки ректора В.П. Кучерявого було налагоджено перші міжнародні контакти ботаніків заповідника з польськими колегами із Розточанського парку народоного та Університету Марії-Кюрі Складовської у Любліні.

За пропозицією професора В.Г. Коліщук працівники заповідника вступали до аспірантури лісотехнічного університету і захищали кандидатські дисертації. Зібрані під керівництвом ученого гербарні зразки з території Розточчя пройшли відповідну верифікацію в Україні і за кордоном та отримали акронім (JAV). Сьогодні ця збірка становить важливу частину наукових колекцій Гербарію Національного лісотехнічного університету України (LWFU).

Професор В.Г. Коліщук мріяв про світле майбуття України і всіма своїми справами старав-

ся його наблизити, про що добре знали близькі до нього люди. Із своєї наукової пенсії, заробленої не легкою працею, він склав досить значну суму і в останні роки свого життя передав її на будівництво Десятинної церкви у м. Києві.

*За обрій.* 30 березня 2022 року – сумна для наукової спільноти річниця. Десять років тому професор Колищук В. Г. відійшов у засвіти у віці 85 років. Знайшов вічний спочинок у Старому Почасві, на батьківщині дружини, де провів свої останні земні роки.

Світла пам'ять про чудову людину й талановитого науковця назавжди залишиться у наших серцях. Згадуємо його добрим словом, дякуємо за його гідні вчинки та мудрі настанови. Мир душі Вашій, Професоре!

### Основні праці професора В. Г. Колищука

- Колищук, В. Г. (1955). Вегетативне поновлення бука європейського (*Fagus sylvatica* L.) в Карпатах. *Наукові записки Природознавчого музею Львівського філіалу АН Української РСР*, Київ: Вид-во АН УРСР, IV, 129-138.
- Колищук, В. Г. (1956). Букові праліси Закарпаття. *Наукові записки Природознавчого музею Львівського філіалу АН Української РСР*, Київ: Вид-во АН УРСР, 150-166.
- Колищук, В. Г. (1958). *Сучасна верхня межа лісу в Українських Карпатах*. Київ: Вид-во АН УРСР, 48 с.
- Колищук, В. Г. (1958). Природне поновлення і ріст ялини у високогір'ї Карпат. *Наукові записки Природознавчого музею Львівського філіалу АН Української РСР*, Київ: Вид-во АН УРСР, VI, 29-44.
- Колищук, В. Г. (1960). *Верхня границя леса в Украинских Карпатах, ее современное состояние и динамика*. Автореферат дисс. канд. биол. наук. Киев, 16 с.
- Колищук, В. Г. (1962). До характеристики типів ялинових і букових лісів Карпат за вологістю ґрунту. *Наукові записки Природознавчого музею Львівського філіалу АН Української РСР*, Київ: Вид-во АН УРСР, X, 33-44.
- Колищук, В. Г. (1963). До екології зеленої вільхи (*Alnus viridis* D.C.) в умовах високогір'я Українських Карпат. *Екологія та систематика рослин Карпат і прилеглих територій*, Київ: вид-во АН УРСР, 24-33.
- Колищук, В. Г. (1965). Морфогенез и динамика прироста зеленой ольхи (*Alnus viridis* D.C.) в Украинских Карпатах. *Бюллетень Моковского общества испытателей природы. Отдел биологии*, 70 (1), 103-110.
- Колищук, В. Г. (1966). Динамические тенденции растительных сообществ Карпат у верхнего предела лесов. *Растительный мир высокогорий СССР и его освоение. Проблемы ботаники*, 8, 164-172.
- Колищук, В. Г. (1966). Деревно-чагарникова рослинність високогір'я Українських Карпат, особливості її росту, народногосподарське значення і підвищення захисної функції. *Охрана природы в западных областях УРСР*, Львів: Вид-во Львів ун-ту, 57-65.
- Колищук, В. Г. (1966). Динамика прироста горной сосны (*Pinus mugo* Scop.) в связи с солнечной активностью. *Доклады АН СССР*, 167 (3), 710-713
- Колищук, В. Г. (1967). Методика исследований динамики прироста стланников на примере горной сосны *Pinus mughus* Scop. *Ботанический журнал*, 52 (6), 852-859.
- Колищук, В. Г. (1968). До класифікації життєвих форм сланких деревних рослин. *Український ботанічний журнал*, 25 (3), 59-66.
- Колищук, В. Г. (1968). О продуктивности древесных ценозов в крайних климатических условиях на примере криволесья горной сосны в Карпатах. *Лесоведение*, 4, 28-38.
- Колищук, В. Г. (1968). О морфологической эволюции от деревьев к травам в ряду стелющихся форм растений. *Ботанический журнал*, 53 (8), 1029-1042.
- Колищук, В. Г. (1971). *Стелющиеся древесные растения (эколого-морфологический анализ)*. Автореферат дисс. доктора биол. наук (03.094 ботаника), Львов, 41 с.
- Колищук, В. Г. (1974). Эколого-морфологические особенности и жизненные формы стелющихся древесных растений Карпат. *Растительный мир высокогорий СССР и его освоение. Проблемы ботаники*, 12, 222-227.
- Колищук, В. Г. (1977). Стланики. *Большая советская энциклопедия*, с. 24.
- Колищук, В. Г. (1979). Дендрохронологические и дендроэкологические исследования в высокогорьях Украинских Карпат. *Проблемы ботаники*, XIV (2), 11-17.
- Колищук, В. Г. (1981). Дендрошкалы ели европейской в Украинских Карпатах. *Дендроклиматические шкалы Советского союза*. Каунас: Институт ботаники АН Лит. ССР, I, 79-81.
- Колищук, В. Г. (1981). Дендрошкалы кедровой сосны европейской в Украинских Карпатах. *Дендроклиматические шкалы Советского союза*. Каунас: Институт ботаники АН Лит. ССР, II, 47-49.
- Kolischuk, V. G. (1982). *Dendroscales of Swiss stone pine in the Ukrainian Carpathians*. Tree-Ring Society, Laboratory of Tree-Ring Research, Tucson, Arizona, 171.
- Колищук, В. Г., Шовган, А. Д. (1987). Дендроряды прироста сосны обыкновенной Украинского Полесья и Карпат. *Дендроклиматические шкалы Советского союза*. Каунас: Институт ботаники АН Лит. ССР, IV, 42-49.
- Колищук, В. Г. (1988). Некоторые методические вопросы дендрохронологии. *Экспериментальные исследования астрофизических и геофизических*

явлений. Ленинград: Физико-техн. Институт АН СССР, 56-66.

- Kolishchuk, V.G. (1990). Dendroclimatological Study of Prostrate Woody Plants. *Methods of Dendrochronology. Applications in the Environmental Sciences*. Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishers, 51-55.
- Kolishchuk, V.G. (1990). Climate and tree vegetation. Dendrochronological Studies of Coniferous and English Oak in the Ukraine. *Approcci Metodologici per la Definizione dell'Ambiente Fisico e Biologico Mediterraneo*. Lecce (Italia), 1-5.
- Коліщук, В. Г., Сорока, М. І., Юськевич, Т. В. (2011). *Ботаніка*. Львів: Світ, 507 с.
- The main works of professor V.G. Kolishchuk**
- Kolishchuk, V.G. (1955). Vegetative regeneration of European beech (*Fagus silvatica* L.) in the Carpathians. *Scientific Notes of the Natural History Museum of the Lviv Branch of the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR*, Kyiv: Publishing House of the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR, 129-138. (in Ukrainian)
- Kolishchuk, V.G. (1956). Beech virgin forests of the Transcarpathian region. *Scientific notes of the Natural History Museum of the Lviv Branch of the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR*. Kyiv: Publishing House of the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR, 150-166 (in Ukrainian)
- Kolishchuk, V.G. (1958). *Present day tree line in the Ukrainian Carpathians*. Kyiv: Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 48. (in Ukrainian)
- Kolishchuk, V.G. (1958). Natural regeneration and growth of spruce in the highlands of the Carpathians. *Scientific Notes of the Natural History Museum of the Lviv Branch of the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR*, Kyiv: Publishing House of the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR, 29-44. (in Ukrainian)
- Kolishchuk, V.G. (1960). *The tree line in the Ukrainian Carpathians, its current state and dynamics*. Abstract diss. PhD. biol. science. Kiev, 16. (in Russian)
- Kolishchuk, V.G. (1962). To the characteristics of the types of spruce and beech forests of the Carpathians by soil moisture. *Scientific Notes of the Natural History Museum of the Lviv Branch of the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR*, Kyiv: Publishing House of the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR, 33-44. (in Ukrainian)
- Kolishchuk, V.G. (1963). To the ecology of green alder (*Alnus viridis* D.C.) In the highlands of the Ukrainian Carpathians. *Ecology and taxonomy of plants of the Carpathians and adjacent territories*, Kyiv: Published by the USSR Academy of Sciences, 24-33. (in Ukrainian)
- Kolishchuk, V.G. (1965). Morphogenesis and growth dynamics of green alder (*Alnus viridis* D.C.) in the Ukrainian Carpathians. *Bulletin of the Moskow Society of Naturalists. Department of Biology*, 70 (1), 103-110. (in Russian)
- Kolishchuk, V.G. (1966). Dynamic tendencies of plant communities of the Carpathians at the upper limit of forests. *The flora of the highlands of the USSR and its development. Problems of Botany*, 8, 164-172. (in Russian)
- Kolishchuk, V.G. (1966). Tree-shrub vegetation of the highlands of the Ukrainian Carpathians, features of its growth, economic importance and increased protective function. *Nature protection in the western regions of the USSR*, Lviv: Lviv University Press, 57-65. (in Ukrainian)
- Kolishchuk, V.G. (1966). Dynamics of growth of mountain pine (*Pinus mugus* Scop.) depending on the solar activity. *Reports of the USSR Academy of Sciences*, 167 (3), 710-713. (in Russian)
- Kolishchuk, V.G. (1967). Methods for studying the dynamics of growth of prostrate trees in the case of the mountain pine *Pinus mugus* Scop. *Botanical Journal*, 52 (6), 852-859. (in Russian)
- Kolishchuk, V.G. (1968). Concerning the classification of life forms of creeping woody plants. *Ukrainian Botanical Journal*, 25 (3), 59-66. (in Ukrainian)
- Kolishchuk, V.G. (1968). On the productivity of tree cenoses in extreme climatic conditions on the example of mountain pine crooked forests in the Carpathians. *Forestry*, 4, 28-38. (in Russian)
- Kolishchuk, V.G. (1968). About the morphological evolution from trees to grasses in a number of creeping plant forms. *Botanical Journal*, 53 (8), 1029-1042. (in Russian)
- Kolishchuk, V.G. (1971). *Creeping woody plants (ecological and morphological analysis)*. Abstract dissertation. Dr. Biol. Sciences (03.094 Botany), Lvov, 41 p. (in Russian)
- Kolishchuk, V.G. (1974). Ecological and morphological features and life forms of creeping woody plants of the Carpathians. The plant world of the highlands of the USSR and its development. *Problems of Botany*, 12, 222-227. (in Russian)
- Kolishchuk, V.G. (1977). *Creeping plants*. The Great Soviet Encyclopedia, 24
- Kolishchuk, V.G. (1979). Dendrochronological and dendroecological studies in the highlands of the Ukrainian Carpathians. *Problems of Botany*, XIV (2), 11-17. (in Russian)
- Kolishchuk, V.G. (1981). Dendroscales of Norway spruce in the Ukrainian Carpathians. *Dendroclimatic scales of the Soviet Union*. Kaunas: Institute of Botany, Academy of Sciences of Lithuania. SSR, I, 79-81. (in Russian)
- Kolishchuk, V.G. (1981). Swiss pine dendroscales in the Ukrainian Carpathians. *Dendroclimatic scales of the Soviet Union*. Kaunas: Institute of Botany, Academy of Sciences of Lithuania. SSR, II, 47-49. (in Russian)
- Kolishchuk, V.G. (1982). *Dendroscales of Swiss stone pine in the Ukrainian Carpathians*. Tree-Ring Society, Laboratory of Tree-Ring Research, Tucson, Arizona, 171.



- Kolishchuk, V.G., Shovgan, A.D. (1987). Dendrological rows of Scots pine growth of the Ukrainian Polesie and the Carpathians. *Dendroclimatic scales of the Soviet Union*. Kaunas: Institute of Botany, Academy of Sciences of Lithuania. SSR, IV, 42-49. (in Russian)
- Kolishchuk, V.G. (1988). Some methodological issues of dendrochronology. *Experimental studies of astrophysical and geophysical phenomena*. Leningrad: Physico-Tech. Institute of the USSR Academy of Sciences, 56-66. (in Russian)
- Kolishchuk, V.G. (1990). Dendroclimatological Study of Prostrate Woody Plants. *Methods of Dendrochronology. Applications in the Environmental Sciences*. Dordrecht, Boston, London: Clover Academic Publishers, 51-55.
- Kolishchuk, V.G. (1990). Climate and tree vegetation. Dendrochronological Studies of Coniferous and English Oak in the Ukraine. *Methodological Appropriations for the Definition of the Physical and Biological Environment*. Lecce (Italy), 1-5
- Kolishchuk, V.G., Soroka, M.I., Yuskevich, T.V. (2011). *Botany*. Lviv: Svit, 507. (in Ukrainian)

**Biological science is a tool for learning the laws of forest ecosystems functioning (Pages of memory in honor of Professor, Doctor of Biological Sciences Vasyl Hryhorovych Kolishchuk – on the occasion of the 95th anniversary of his birth)**

M. Soroka, A. Shovgan, H. Krynytskyy, S. Myklush, Iu. Debryniuk, T. Yuskevich

February 1, 2022 marks the 95th anniversary of the birth of the outstanding scientist in the field of botany, ecology and dendrochronology, Doctor of Biological Sciences, Professor Vasyl Kolishchuk, the founder of the Ukrainian Dendrochronological School and the author of a world-class discovery in the field of ecomorphogenesis and evolution of creeping plants, who for many years studied the flora of the Carpathian highlands, the productivity of forests and

shrubs ecosystems, in particular with the dominance of creeping woody plants, the dynamics of their growth depending on ecological factors. V.H. Kolishchuk is a developer of unique techniques for studying creeping plants.

Using the example of *Pinus mughus* Scop., the scientist managed to solve one of the greatest mysteries of that time – the ecomorphogenesis of creeping woody plants.

Professor Kolishchuk was the first in the world science to reveal and assess two main features of these plants – the attenuation of cambium activity in the main axis (trunk) of the plant in the downward direction from the undercrown part and the formation of a new root system and its advancement from the root collar up the stem due to formation of adventitious roots from adventitious buds.

Based on this, V. Kolishchuk developed a world-class methodology for studying growth dynamics of creeping woody plants, which is still used throughout the world. Drawing on the case of alpine plants, Vasyl Hryhorovych traced and scientifically explained the morphological evolution of plants: from trees, through creeping forms of plants, to herbs. He filled in the gaps in the I. Serebriakov/s classification of plant life forms in relation to creeping forms of shrubs, bushes and semi-shrubs, which became the basis of his dissertation for earning the degree of Doctor of Biological Sciences: “Creeping woody plants (ecological and morphological analysis)”. This was world-class discoveries in the field of research on morphogenesis and evolution, biological productivity and ecology of creeping woody plants and their groups. Professor Kolishchuk was the first in Ukraine to develop a new area of research – dendrochronology. He explored the dynamics of changes in the annual current wood increment of all forest-forming tree species of Ukraine. One of the greatest scientific discoveries, made by the professor, is his dendrochronological scales for pine and oak in the plain areas of Ukraine for 1,200 years. Up to now, scientists have used the dendrochronological scales developed by him for Norway spruce, Scots pine, mountain pine.

The authority of the scientist in the world academic community is confirmed by the fact that he performed the duties of a reviewer in the international abstract periodical “Biologia Plantarum”.

## ДО УВАГИ АВТОРІВ

У «Наукових праць Лісівничої академії наук України» публікуються оригінальні наукові статті та наукові огляди з теоретичних і прикладних питань лісового та садово-паркового господарства, біології, екології та природно-заповідної справи, економіки природокористування і менеджменту, лісової інженерії, ресурсощадних та екологічно безпечних 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 та обговорення; дискусія; висновки; подяка (за потреби); список літератури.

Оглядова стаття може мати різну кількість структурних підрозділів із довільними назвами, але вказані пункти є обов'язковими: вступ; висновки; список літератури. В обох випадках інформація про авторів подається двома мовами – українською та англійською.

У «Вступі» повинна бути сформульована актуальність теми, 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. Анотація англійською мовою складає 22-25 рядків (без ключових слів).

В анотаціях максимально повно в межах зазначеного обсягу повинні бути відображені основні результати досліджень. Потрібно уникати загальних

виразів («У статті наведено результати...», «Обґрунтовано висновки...», «Наведено дані щодо...» і т.п.). Анотації повинні бути написані чітко, зрозуміло і лаконічно.

Ключові слова/словосполучення (10-12 шт.) не повинні дублювати заголовка статті.

Список літератури повинен 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 6<sup>th</sup> 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 формують чітко, лаконічно і зрозуміло, вони повинні виходити із результатів проведених досліджень. У висновках зазначають ступінь досягнення поставленої мети роботи за допомогою використаних методів і методики досліджень. Вдало сформульовані висновки логічно закінчують наукову роботу, роблять її цілісною і завершеною.

Висновки повинні бути короткими і поданими у вигляді тексту без нумерації.

У збірнику праць «Наукові праці Лісівничої академії наук України» не можуть бути опубліковані матеріали, які вже раніше публікувалися в інших наукових збірниках. Редакційна колегія наукового видання залишає за собою право відхиляти статті, які не відповідають вимогам і тематиці збірника.

Наукові статті, що надійшли до редакції, проходять процес рецензування. Форми рецензування статей: внутрішня; зовнішня.

Заступник головного редактора визначає відповідність статті профілю журналу і скеровує її на рецензування фахівцю – доктору чи кандидату наук, який має близьку до теми статті наукову спеціалізацію.

Матеріали рецензують члени редакційної колегії наукового видання та / або сторонні незалежні експерти, виходячи з принципу об'єктивності і з позицій вищих міжнародних академічних стандартів якості. Терміни рецензування в кожному окремому випадку визначаються відповідальним редактором з урахуванням створення умов для максимально оперативної публікації статті.

Наявність позитивної рецензії не є достатньою підставою для публікації статті. Остаточне рішення про доцільність опублікування приймається редакційною колегією.

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 23  
2021 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 29.12.2021 р. Формат 60\*84/8. Папір офсетний.  
Друк офсетний. Гарнітура Times New Roman.  
Ум. друк. арк. 19,99. Обл.-вид. арк. 17,53  
Наклад 300 прим. Зам. № 2870

**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./факс: (032) 235-52-20

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