

Національний лісотехнічний університет України  
Лісівнича академія наук України

---

# НАУКОВІ ПРАЦІ

## ЛІСІВНИЧОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ

Випуск 27

Започатковано у 2001 р.

Львів  
Видавництво «Компанія “Манускрипт”»  
2024

**Наукові праці Лісівничої академії наук України:** збірник наукових праць. – Львів: Видавництво «Компанія “Манускрипт”», 2024. – Вип. 27. – 202 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, екології лісу, захисту лісостанів від шкідників і хвороб, економіки природокористування та менеджменту, ресурсоощадних та екологобезпечних технологій деревообробки.

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

Рекомендовано до друку Вченою радою НЛТУ України та Президією ЛАН України  
(протокол № 10 від 18.10.2024 р.).

---

#### Редакційна колегія:

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

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

*професор* Степан Миклуш,  
*професор* Віктор Ткач,

*наук. співр.* Володимир Троцюк,

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

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

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

*д-р економічних наук* – головний редактор;

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

*д-р габілітований, Технічний університет Дрездена, Німеччина;*

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Науковий редактор: *Юрій ДЕБРИНЮК*

Літературний редактор: *Анна ПАВЛИШИН*

Редактор англomовних текстів: *Володимир ЛЕНТЯКОВ*

Технічне забезпечення видання: *Маріанна КУК*

Відповідальний секретар: *Богдана ДЕБРИНЮК*

**Адреса видавництва:** Видавництво «Компанія “Манускрипт”»

вул. Руська, 16/3, м. Львів, 79008

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

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

---

**PROCEEDINGS**  
**OF THE FORESTRY ACADEMY OF SCIENCES  
OF UKRAINE**

**Volume 27**

Founded in 2001

Lviv  
Company “Manuscript”  
2024

**Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine:** Collection of Research Papers. – Lviv : Company “Manuscript”, 2024. – Vol. 27. – 202 p.

The Collection of Research Papers presents the results of research covering the biological aspects of plant communities, achievements in the field of forestry and silviculture, forest planting and breeding, forest biometry and forest management planning. The results of research in the field of reproduction and improvement of forest stands, forest ecology, protection of forest stands from pests and diseases, natural resource economics and management, resource-saving and environmentally friendly woodworking technologies are presented.

The Collection is intended for researchers, faculty members of universities and other educational institutions, and a wide audience of forestry sector and wood processing industry professionals.

The Collection is approved for publication by the Academic Council of the Ukrainian National Forestry University and the Presidium of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine (protocol number 10 dated from 2024.10.18).

#### Editorial board:

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

Scientific Editor: *Iurii DEBRYNIUK*

Literary editor: *Anna PAVLYSHYN*

Editor of English texts: *Volodymyr LENTIAKOV*

Technical support of the publication: *Marianna KUK*

Responsible secretary: *Bogdana DEBRYNYUK*

#### Publishers Address:

Publishing «Company “Manuscript”»

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

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

## ЗМІСТ

|                                                                                                                                                                            |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКВИ РОЗВИТКУ ЛІСОВОГО ГОСПОДАРСТВА<br/>В УКРАЇНІ (за матеріалами Загальних зборів Лісівничої академії наук України<br/>11 жовтня 2024 року) .....</b> | <b>11</b> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|

### 1. БІОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ РОСЛИННИХ УГРУПОВАНЬ

|                                                                                                                                                                                         |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <i>Н. Г. Лук'янчук, Л. Т. Блюсюк, Н. Л. Блюсюк, Н. З. Кендзьора, Л. Б. Коляда</i><br><b>ВПЛИВ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН НА ВЕГЕТАЦІЮ ДЕРЕВНИХ РОСЛИН<br/>БОТАНІЧНОГО САДУ НЛТУ УКРАЇНИ .....</b> | <b>18</b> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|

### 2. ЛІСОЗНАВСТВО, ЛІСІВНИЦТВО ТА МИСЛИВСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО

|                                                                                                                                                                                                                                                          |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <i>I. M. Koval, N. V. Maksymenko, I. M. Shpakivska</i><br><b>DENDROCHRONOLOGICAL STUDIES IN BEECH STANDS OF THE SKOLIVSKI<br/>BESKYDY NATIONAL NATURE PARK (Дендрохронологічні дослідження<br/>в букових насадженнях НПП «Сколівські Бескиди») .....</b> | <b>33</b> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|

|                                                                                                                                                                                                                                                                     |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <i>V. L. Meshkova, O. A. Kuznetsova, V. P. Turenko</i><br><b>SYMPTOMS OF DWARF ELM (<i>ULMUS PUMILA</i> L.) HEALTH CONDITION<br/>IN THE LEFT-BANK UKRAINE (Симптоми санітарного стану в'яза низького<br/>(<i>Ulmus pumila</i> L.) в Лівобережній Україні) .....</b> | <b>44</b> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|

|                                                                                                                                                                                                                                                               |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <i>V. P. Pasternak, T. S. Pyvovar, A. V. Garmash</i><br><b>PATTERNS OF NATURAL REGENERATION OF PINE FORESTS IN THE LEFT-BANK<br/>FOREST-STEPPE OF UKRAINE (Закономірності природного поновлення соснових<br/>лісів Лівобережного Лісостепу України) .....</b> | <b>54</b> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|

|                                                                                                                                                                                |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <i>П. І. Ванджурак, Ю. М. Дебринюк</i><br><b>ВПЛИВ ГРУПОВО-ВИБІРКОВОЇ РУБКИ НА ПРОЦЕС ПРИРОДНОГО<br/>ПОНОВЛЕННЯ ПІД НАМЕТОМ БУКОВОГО ЛІСОСТАНУ ПОКУТСЬКИХ<br/>КАРПАТ .....</b> | <b>63</b> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|

|                                                                                                                                                 |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <i>В. П. Ворон, А. Д. Кузик, С. В. Івашинюта, Ю. Р. Ціпан</i><br><b>ЛІСОТИПОЛОГІЧНЕ ОЦІНЮВАННЯ ПРИРОДНОЇ ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ<br/>ЛІСІВ .....</b> | <b>76</b> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|

|                                                                                                                                                              |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <i>А. М. Жежкун</i><br><b>УСПІШНІСТЬ ЛІСОВІДНОВЛЕННЯ ПІСЛЯ ДОСЛІДНИХ СМУГОВО-ПОСТУПОВИХ<br/>РУБОК У СОСНОВИХ ДЕРЕВОСТАНАХ СХІДНОГО ПОЛІССЯ УКРАЇНИ .....</b> | <b>85</b> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|

|                                                                            |           |
|----------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Ю. С. Шпарик, І. М. Данилик, О. Т. Кузярін, І. І. Сенчак, Н. І. Крук       |           |
| <b>БУКОВИЙ КВАЗІПРАЛІС ГОРГАН: СТРУКТУРА, ФІТОРІЗНОМАНІТТА, СТАН .....</b> | <b>96</b> |

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

|                                                                                                                             |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| С. П. Распопіна, М. М. Діденко                                                                                              |            |
| <b>ОЦІНЮВАННЯ ПЕРСПЕКТИВ ВИРОЩУВАННЯ ЛІСОВИХ КУЛЬТУР МОДРИНИ<br/>ЄВРОПЕЙСЬКОЇ В УМОВАХ СХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ .....</b> | <b>110</b> |

### 4. ЛІСОВА ТАКСАЦІЯ ТА ЛІСОВПОРЯДКУВАННЯ

|                                                                                                                                                              |            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Ю. М. Дебринюк, С. І. Миклуш, Ю. С. Миклуш                                                                                                                   |            |
| <b>ФОРМУВАННЯ ЛІСІВНИЧО-ТАКСАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ <i>PSEUDOTSUGA<br/>MENZIESII</i> (MIRB.) FRANCO У ШТУЧНИХ НАСАДЖЕННЯХ ЗАХІДНОГО РЕГІОНУ<br/>УКРАЇНИ .....</b> | <b>119</b> |
| П. І. Лакида, В. І. Блищик                                                                                                                                   |            |
| <b>ПРОДУКТИВНІСТЬ ТА ЕКОЛОГІЧНІ ФУНКЦІЇ САМОСІЙНИХ СОСНОВИХ ЛІСІВ<br/>УКРАЇНСЬКОГО ПОЛІССЯ .....</b>                                                         | <b>129</b> |

### 5. ЕКОЛОГІЯ, ЕКОНОМІКА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ ТА МЕНЕДЖМЕНТ

|                                                                                                                                                                                 |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| І. А. Дубовіч, А. П. Аніщенко, Н. М. Юрків, Ю. І. Волковська, Р. Б. Мацько, О. М. Рожкович,<br>М.-Н. І. Дубовіч, О. В. Пилип'як                                                 |            |
| <b>СУЧАСНІ ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНІ ТА ЕКОНОМІКО-ПРАВОВІ ПРОБЛЕМИ<br/>ІМПЛЕМЕНТАЦІЇ КОНЦЕПЦІЇ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ТУРИЗМУ І РЕКРЕАЦІЇ<br/>В УКРАЇНІ .....</b>                           | <b>139</b> |
| Н. Г. Луців, П. В. Чухна                                                                                                                                                        |            |
| <b>ВИКОРИСТАННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ЯК ІННОВАЦІЙНИХ<br/>ІНСТРУМЕНТІВ СТРАТЕГІЇ РОЗВИТКУ ТА ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ<br/>ДІЯЛЬНОСТІ СУБ'ЄКТІВ ЛІСОВОГО ГОСПОДАРСТВА .....</b> | <b>150</b> |
| С. П. Распопіна, А. А. Суска, Ю. М. Біла, В. В. Горошко                                                                                                                         |            |
| <b>ЕКОЛОГО-ЛІСІВНИЧА ОЦІНКА ВІДПОВІДНОСТІ СКЛАДУ ЗАПРОЄКТОВАНИХ<br/>ПІД ЛІСОРозВЕДЕННЯ ЛІСОВИХ КУЛЬТУР ТИПАМ ЛІСОРосЛИННИХ УМОВ<br/>У СТЕПОВОМУ КЛІМАТІ УКРАЇНИ .....</b>       | <b>158</b> |
| І. П. Соловій, О. А. Кійко, В. В. Лавний, І. І. Буханевич, О. Р. Пелюх, М. М. Ільків, Т. О. Челепіс,<br>Д. Б. Савка, А. О. Луценко                                              |            |
| <b>ФОРМУВАННЯ БІЗНЕС-МОДЕЛІ, ОРІЄНТОВАНОЇ НА ПЛАНУВАННЯ<br/>СТАЛОСТІ ПІДПРИЄМСТВ ЛІСОВОГО СЕКТОРА .....</b>                                                                     | <b>168</b> |

6. ДЕРЕВООБРОБНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ЛІСОВА ІНЖЕНЕРІЯ

*В. О. Маєвський, Р. О. Мороз, С. В. Копинець, О. Б. Ференц, Р. Б. Щупаківський, Є. М. Миськів*  
**ВИЗНАЧЕННЯ ВИТРАТИ ДУБОВИХ СУХИХ ОБРІЗНИХ ПИЛОМАТЕРІАЛІВ  
НА ВИГОТОВЛЕННЯ КЛЕЄНИХ ЩИТІВ** ..... 181

*С. В. Гайда, Л. В. Медвідь*  
**ПОБУДОВА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ МІЦНОСТІ СТОЛЯРНИХ ПЛИТ РІЗНИХ  
КОНСТРУКЦІЙ ІЗ ВЖИВАНОЇ ДЕРЕВИНИ** ..... 189

**ДО УВАГИ АВТОРІВ** ..... 199

## CONTENTS

|                                                                                                                                                                                                            |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>PROBLEMS AND PROSPECTS OF THE DEVELOPMENT OF FORESTRY IN UKRAINE<br/>(based on the proceedings of the General Meeting of the Forestry Academy<br/>of Sciences of Ukraine on October 11, 2024)</b> ..... | 11 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

### 1. BIOLOGICAL ASPECTS OF PLANT COMMUNITIES

*N. Lukianchuk, L. Bliusiuk, N. Bliusiuk, N. Kendzora, L. Koliada*

|                                                                                                                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>ANALYSIS OF THE IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON THE WOODY PLANTS<br/>VEGETATION IN THE BOTANICAL GARDEN OF THE UKRAINIAN NATIONAL<br/>FORESTRY UNIVERSITY</b> ..... | 18 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

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

*I. Koval, N. Maksymenko, I. Shpakivska*

|                                                                                                            |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>DENDROCHRONOLOGICAL STUDIES IN BEECH STANDS OF THE SKOLIVSKI<br/>BESKYDY NATIONAL NATURE PARK</b> ..... | 33 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

*V. Meshkova, O. Kuznetsova, V. Turenko*

|                                                                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>SYMPTOMS OF DWARF ELM (<i>ULMUS PUMILA</i> L.) HEALTH CONDITION IN THE<br/>LEFT-BANK UKRAINE</b> ..... | 44 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

*V. Pasternak, T. Pyvovar, A. Garmash*

|                                                                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>PATTERNS OF NATURAL REGENERATION OF PINE FORESTS IN THE LEFT-BANK<br/>FOREST-STEPPE OF UKRAINE</b> ..... | 54 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

*P. Vandzhurak, Iu. Debryniuk*

|                                                                                                                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>THE IMPACT OF GROUP-SELECTION FELLING ON THE PROCESS OF NATURAL<br/>REGENERATION UNDER THE CANOPY OF A BEECH FOREST STAND OF THE<br/>POKUTTIA CARPATHIANS</b> ..... | 63 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

*V. Voron, A. Kuzyk, S. Ivashyniuta, Y. Tsipan*

|                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------|----|
| <b>FOREST FIRE HAZARD ASSESSMENT BASED ON FOREST TYPOLOGY</b> ..... | 76 |
|---------------------------------------------------------------------|----|

*A. Zhezhkun*

|                                                                                                                                                  |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>THE SUCCESS OF REFORESTATION AFTER EXPERIMENTAL STRIP-SHELTERWOOD<br/>FELLING IN THE PINE STANDS OF THE EASTERN POLISSIA OF UKRAINE</b> ..... | 85 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

*Y. Shparyk, I. Danylyk, O. Kuzyarin, I. Senchak, N. Kruk*

|                                                                                                                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>EUROPEAN BEECH (<i>FAGUS SYLVATICA</i> L.): QUASI-VIRGIN FOREST STAND<br/>OF THE GORGANY MTS.: STRUCTURE, VASCULAR PLANTS DIVERSITY, HEALTH<br/>CONDITIONS</b> ..... | 96 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

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

*S. Raspopina, M. Didenko*

|                                                                                                                             |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>ASSESSMENT OF THE PROSPECTS FOR GROWING FOREST CROPS OF EUROPEAN LARCH IN THE EASTERN FOREST-STEPPE OF UKRAINE .....</b> | <b>110</b> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|

### 4. FOREST BIOMETRY AND FOREST MANAGEMENT PLANNING

*Iu. Debryniuk, S. Myklush, Yu. Myklush*

|                                                                                                                                                                   |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>FORMATION OF FOREST MENSURATION INDICATORS OF <i>PSEUDOTSUGA MENZIESII</i> (MIRB.) FRANCO IN ARTIFICIAL PLANTATIONS OF THE WESTERN REGION OF UKRAINE .....</b> | <b>119</b> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|

*P. Lakyda, V. Blyshchyk*

|                                                                                                               |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>PRODUCTIVITY AND ECOLOGICAL FUNCTIONS OF NATURALLY REGROWN PINE FORESTS OF THE UKRAINIAN POLISSIA.....</b> | <b>129</b> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|

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

*I. Dubovich, A. Anishchenko, N. Yurkiv, Yu. Volkovska, R. Matsko, O. Rozhkovych,  
M.-N. Dubovich, O. Pylypiak*

|                                                                                                                                                                        |            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>MODERN THEORETICAL-METHODOLOGICAL AND ECONOMIC-LEGAL PROBLEMS OF IMPLEMENTING THE CONCEPT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF TOURISM AND RECREATION IN UKRAINE .....</b> | <b>139</b> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|

*N. Lutsiv, P. Chukhna*

|                                                                                                                                                                          |            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>THE USE OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS AS INNOVATIVE TOOLS FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT STRATEGIES AND ENHANCING THE EFFICIENCY OF FOREST SECTOR ENTITIES .....</b> | <b>150</b> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|

*S. Raspopina, A. Suska, Yu. Belay, V. Goroshko*

|                                                                                                                                                                                                           |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>ECOLOGICAL AND FORESTRY ASSESSMENT OF THE COMPLIANCE OF THE COMPOSITION OF FOREST CROPS DESIGNED FOR AFFORESTATION WITH THE TYPES OF FOREST SITE CONDITIONS IN THE STEPPE CLIMATE OF UKRAINE .....</b> | <b>158</b> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|

*I. Soloviy, O. Kiyko, V. Lavnyy, I. Buhanevych, O. Pelyukh, M. Ilkiv, T. Chelepis,  
D. Savka, O. Lutsenko*

|                                                                                                             |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>DEVELOPING A BUSINESS MODEL FOCUSED ON THE PLANNING SUSTAINABILITY OF FOREST SECTOR ENTERPRISES.....</b> | <b>168</b> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|

## 6. WOOD PROCESSING TECHNOLOGIES AND FOREST ENGINEERING

*V. Mayevskyy, R. Moroz, S. Kopynets, O. Ferents, R. Shchupakivskyy, Ye. Myskiv*

|                                                                                                       |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>DETERMINING DRY OAK LUMBER CONSUMPTION FOR THE PRODUCTION<br/>OF SOLID EDGE-GLUED PANELS .....</b> | <b>181</b> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|

*S. Gayda, L. Medvid*

|                                                                                                                                        |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>CONSTRUCTION OF THE MATHEMATICAL MODEL OF THE STRENGTH<br/>OF POST-CONSUMER WOOD MADE BLOCKBOARD OF DIFFERENT<br/>DESIGNS .....</b> | <b>189</b> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|

|                                     |            |
|-------------------------------------|------------|
| <b>INFORMATION FOR AUTHORS.....</b> | <b>199</b> |
|-------------------------------------|------------|

## **ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ЛІСОВОГО ГОСПОДАРСТВА В УКРАЇНІ**

**(за матеріалами Загальних зборів Лісівничої академії наук України  
11 жовтня 2024 року)**

Г.Т. Криницький, Ю.М. Дебринюк, Р.Д. Васишлишин, О.І. Голубчак,  
В.В. Лавний, В.Л. Мешкова, С.І. Миклуш, М.М. Сіщук

Спільнота Лісівничої академії наук України зібралася на чергові щорічні Загальні збори у м. Львові, де обговорювала проблеми та перспективи розвитку лісівничої освіти і науки у контексті складних викликів сьогодення.

Зі вступним словом і привітанням до учасників Загальних зборів звернувся Президент ЛАН України, доктор біологічних наук, професор Г.Т. Криницький. Зокрема учений зазначив, що Лісівничій академії наук України у листопаді поточного року виповнюється 31 рік (установча конференція зі створення ЛАН України відбулася 30 листопада 1993 року). Це вже тривалий період функціонування цього громадського об'єднання у лісовій галузі. Водночас, як і в попередні 30 років, так і в цьому 2024 році, академіки та член-кореспонденти всіх трьох відділень (Західного, Центрального і Східного) працювали активно, творчо і результативно.

Професор Г.Т. Криницький зазначив, що конкретні напрацювання громадської організації буде відображено у доповідях керівників відділень, але в аспекті узагальнення варто відзначити такі основні напрями роботи Лісівничої академії наук України.

1. Продовження як фундаментальних, так і прикладних досліджень з проблем лісознавства, практичного лісівництва, агролісомеліорації, лісокористування, деревооброблення та економіки лісу. Незважаючи на складні умови сьогодення, дослідниками отримано низку вагомих у науковому і практичному аспектах результатів.

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

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

4. Здійснення видавничої діяльності. Зокрема, підготовлено чергові 26-ий і 27-ий випуски «Наукових праць Лісівничої академії наук України» за 2024 рік. Значну роботу у цьому напрямі здійснив академік-секретар ЛАН України, професор Ю.М. Дебринюк. Проводиться робота щодо включення Наукових праць Академії у престижні

міжнародні наукометричні бази *Scopus* та *Web of Sciences*.

5. Опрацювання нормативно-довідкових лісівничих матеріалів. Це дуже важливий напрям роботи ЛАН України. У цьому аспекті багато зроблено членами Академії під керівництвом віцепрезидента ЛАН України, професора В.П. Ткача. Зокрема, удосконалено Правила проведення рубок переформування – важливої складової організації наближеного до природи господарювання.

6. Належну увагу у поточному році члени Академії приділили вирішенню проблемних питань, пов'язаних з формуванням низькоповнотних деревостанів і рідколісь, а також використанню у лісовому господарстві України інтродукованих деревних видів з інвазійними проявами.

7. Важливо також зазначити, що в попередні роки, а також і в цьому році, завдяки зусиллям членів ЛАН України, зокрема академіка ЛАН України А.М. Дейнеки, член-кореспондента ЛАН України Я.П. Целеня, загалом лісівників Львівщини, були розширені роботи з подальшого запровадження принципів наближеного до природи лісівництва у лісове господарство України. Ці напрацювання науковців Західного відділення ЛАН України активно використовуються також колегами Східного і Центрального відділень. Це – майбутнє нашого лісогосподарювання і дуже добре, що Академія активно працює у цьому напрямі.

8. Зібрання Лісівничої академії наук України проходить напередодні 150-річчя з часу заснування лісової освіти у Галичині. З цієї нагоди 24 жовтня цього року в Львівському оперному театрі відбудуться урочисті збори Національного лісотехнічного університету України. Проведення Загальних зборів ЛАН України було внесено у Програму підготовки університету до відзначення 150-річчя лісової освіти. Їх проведення присвячене цій знаменній даті.

Президент ЛАН України побажав членам Лісівничої академії, колективу Національного лісотехнічного університету України подальших творчих успіхів та подальшого успішного науково-освітнянського розвитку.

На сьогодні особовий склад Лісівничої академії налічує 63 академіки та 95 член-кореспондентів з усіх областей України, які займаються проблемами лісового, мисливського і садово-паркового господарства, екології, охорони природи, економіки природокористування та менеджменту, лісової інженерії та деревообробки. У складі Лісівничої академії є вісім Почесних академіків та шість Почесних член-кореспондентів. Громадська організація також налічує дев'ять Іноземних та вісім Колективних членів.

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

Так, керівник *Західного відділення* академік О. І. Голубчак зазначив, що наукова діяльність колективу УкрНДІгірліс зосереджена в чотирьох основних напрямках: дослідження стану і структури гірських захисних лісів і розроблення заходів з їх раціонального використання; удосконалення методів запобігання розвитку ерозійних процесів під час здійснення лісозаготівель; розроблення системи збереження і раціонального використання рекреаційно-оздоровчих лісів Українських Карпат в умовах зміни структури державного управління; дослідження ефективності лісовідновлення в Карпатському регіоні на основі досягнень селекції та інтродукції деревних рослин.

В рамках виконання Тематичного плану науковцями УкрНДІгірліс розроблено та захищено на науково-технічній раді Держлісагентства шість важливих документів: «Вказівки з оцінювання стану і продуктивності культурфітоценозів, створених за участю перспективних інтродуцентів в Карпатах»; «Оцінка стану рекреаційних лісів»; «Вказівки з оцінювання мережі трельовальних волоків на гірських лісових водозборах»; «Правила рубок головного користування у гірських лісах Українських Карпат» (нова редакція); «Пропозиції щодо оцінювання екосистемних послуг, які надають рекреаційно-оздоровчі ліси»; «Рекомендації з підвищення генетичної цінності насінної бази деревних видів у Карпатському регіоні».

На сьогодні науковці УкрНДІгірліс виконують три науково-дослідні роботи на замовлення ДП «Ліси України»: «Доцільність проведення поступових та вибіркового рубок головного користування в похідних ялиниках»; «Наслідки заборони проведення суцільних рубок в гірських лісах Карпат»; «Створення науково-демонстраційного полігону з переформування деревостанів і запровадження вибіркового, наближеного до природи господарювання в гірських лісах Карпат». У цих напрямках вже досягнуто вагомих напрацювань.

Крім цього, впродовж 2024 р. на замовлення філій ДП «Ліси України» виконано понад 20 договорів щодо лісівничо-екологічної експертизи технічної документації на будівництво лісової авто-

дороги; обґрунтувань лімітів на використання природних ресурсів у лісах ПЗФ; визначення репрезентативних та особливо цінних захисних ділянок; розробки та збору даних, необхідних для здійснення процедури оцінки впливу на довкілля.

За дорученням Держлісагентства спільно із ДП «ДерждорНДІ» виконано роботи зі створення нормативного документа щодо лісових автодоріг, який включає підготовку, узгодження і затвердження технічного завдання. Вже розроблено першу редакцію, яка пройшла апробацію на загальноукраїнському рівні. Кінцева редакція документа перебуває на стадії узгоджень і підготовки до затвердження.

За звітний рік науковцями інституту опубліковано одну монографію та один збірник наукових праць, п'ять статей у наукових фахових виданнях та виданнях, включених до наукометричних баз Scopus і Web of Science, десять тез доповідей. Науковці Інституту взяли участь в 35 конференціях і семінарах, нарадах, організованих ДАЛРУ та ДП «Ліси України». Здійснено науковий супровід впровадження рекомендацій Інституту, затверджених Держлісагентством, на всіх підприємствах Карпатського лісового офісу ДП «Ліси України». За звітний рік вийшов з друку сьомий випуск збірника рекомендацій УкрНДІгірліс, які затверджені науково-технічною радою Держлісагентства і рекомендовані до впровадження у виробництво.

Із інших важливих наукових заходів варто відзначити участь науковців УкрНДІгірліс у низці міжнародних наукових конференцій: Завершальній конференції в рамках програми Європейського співробітництва в галузі науки і технологій – «Інтегровані підходи до збереження рослин, яким загрожує небезпека зникнення у XXI ст.», яка відбулась 12-14 лютого в Приморському університеті у м. Ізола (Республіка Словенія); Завершальній конференції в рамках програми Європейського співробітництва в галузі науки і технологій – «Біорізноманіття лісових таксонів помірної пояси, орієнтоване на стійке управління шляхом об'єднання перспектив», яка відбулась 19-21 березня в Римському ботанічному саду університету ла Сап'єнца (Італія); Підсумковій конференції спільної операційної програми Румунія-Україна 2014-2020; Завершальній конференції в рамках програми Європейського співробітництва в галузі науки і технологій – «Загальноєвропейська мережа адаптивного до клімату лісовідновлення та лісорозведення», яка проводилась 4-6 вересня на базі лісгосподарського факультету Белградського університету (Сербія).

Спільно із Карпатським біосферним заповідником здійснено заходи з організації Міжнародного круглого столу з виконання завдань в рамках Карпатської конвенції та подальших перспектив розвитку Карпатського регіону України. Обговорення цих завдань, яке відбулося 03.10.2024 р. за участю широкого кола представників зацікавлених сторін, стало важливим кроком подальшої імплементації цієї міжнародної угоди. Керівництвом Міжнарод-

ного секретаріату Карпатської конвенції відзначено активну участь УкрНДІґрліс в цьому процесі.

Науковці Інституту підготували також низку документів, спрямованих на вироблення позицій України стосовно виконання регламентів Європейського Союзу, які віднесено до природних об'єктів.

За результатами міжнародних проектів «Кваліфіковані лісівники – найкращі ліси» і «Класифікація стану водозбору – передача досвіду Лісової служби США Україні» (виконувалися за ініціативою і егідою ГО «ФОРЗА» та участі працівників УкрНДІґрліс) опрацьовано «Методичні рекомендації з підготовки звіту з оцінювання впливу на довкілля планованої лісгосподарської діяльності на водозборах гірських лісів Українських Карпат», які затверджені наказом Міндовкілля України (01.05.2023 р., № 277).

Проректор з наукової роботи Національного лісотехнічного університету України, академік В. В. Лавний доповнив звіт Західного відділення науковим доробком працівників лісотехнічного університету – членів Лісівничої академії. Вчений зазначив, що особливістю наукових досліджень Національного лісотехнічного університету України є їхнє екологічне спрямування. Так, у 2024 р. академіки та член-кореспонденти ЛАН України продовжували виконувати науково-дослідні роботи за такими основними напрямками: розроблення теоретичних і практичних засад невиснажливого використання лісових ресурсів на засадах наближеного до природи лісівництва; створення нових композиційних матеріалів на основі деревини та енергоощадних і екологічнобезпечних технологій оброблення та заготівлі деревини; розроблення науково-методичних засад екологічної («зеленої») економіки як основи сталого розвитку суспільства і держави; опрацювання еколого-біологічних основ збереження і відтворення генофонду лісових екосистем.

Загалом наукову та науково-технічну діяльність у 2024 р. здійснювали 43 доктори наук, професори, 180 кандидатів наук, доцентів НЛТУ України. Дослідження проводили на 28 кафедрах університету, а також у Ботанічному саду загальнодержавного значення. Відповідно до тематичних планів науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт, виконувалися 63 науково-дослідні роботи із загальним річним обсягом 10 020,3 тис. грн, у тому числі держбюджетні – на суму 150,0 тис. грн; госпдоговірні – на суму 2824,2 тис. грн та міжнародні гранти – на суму 7046,1 тис. грн.

Оновлено матеріально-технічну базу університету, зокрема за фінансової підтримки Національного фонду досліджень України (грант 2021.01/0184 «Лісівничі та молекулярно-генетичні засади підвищення біотичної стійкості деревостанів сосни звичайної в контексті адаптації до змін клімату») придбано сучасне обладнання для проведення лісівничо-таксаційних та молекулярно-генетичних досліджень на суму 1458,0 тис. грн.

Міжнародні гранти виконувалися у рамках програм ЄС «Горизонт-Європа», Еразмус+ та інших договорів. Потрібно наголосити, що показник наукової діяльності університету згідно з постановою Кабінету Міністрів України від 24 грудня 2019 р. № 1146 щодо формули розподілу видатків державного бюджету на вищу освіту між закладами вищої освіти за 2022-2024 рр. досяг понад 25 тис. гривень на одного науково-педагогічного працівника, що відповідає максимальному коефіцієнту 1,5.

Значним здобутком університету є включення Кабінетом Міністрів України Гербарію НЛТУ України в перелік наукових об'єктів, що становлять національне надбання.

У докторантуру університету зараховано чотири докторанта, за кошти держбюджету в аспірантурі університету на денній формі навчаються 57 аспірантів, за кошти фізичних осіб – 125 аспірантів, з них на денній формі – 112 аспірантів, на заочній формі – 13.

Члени Лісівничої академії здійснюють активну видавничу діяльність, регулярно публікуючись у фахових виданнях «Науковий вісник НЛТУ України» та «Наукові праці Лісівничої академії наук України». Ведеться значна робота у напрямі включення фахових видань університету в наукометричні бази *Scopus* та *Web of Science*.

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

Зокрема, дослідниками Центрального відділення ЛАН України були здійснені наукові дослідження у межах таких напрямів: розроблення методичних основ та інформаційного забезпечення оцінювання екосистемних функцій лісів та впливу війни на функціонування лісових фітоценозів; розроблення науково-методичних засад та інформаційного інструментарію оцінювання емісії вуглецю внаслідок порушень, зумовлених військовими діями; прикладні рішення щодо оцінювання екосистемного потенціалу та особливості управління самосійними лісами; формування науково-методичного забезпечення розвитку інвентаризації лісових ресурсів; практичні засади фітодизайно-логічної екотрансформації насаджень ландшафтів мегаполісів; розроблення науково-методичного забезпечення оцінювання ризику, прогнозування та попередження природних пожеж; обґрунтування та розроблення сучасних методів оцінювання прижиттєвих вад деревини.

Загалом членами Центрального відділення ЛАН України підготовлено понад 20 монографій, 10 підручників та навчальних посібників, підготовлено понад 100 наукових статей, з яких 70 опубліковано у журналах, включених у наукометричну базу

Scopus. Сумарний h-index Гірша становить понад 200. В інституті лісового і садово-паркового господарства НУБіП України функціонує науковий журнал «Ukrainian Journal of Forest and Wood Science», включений у наукометричну базу Scopus.

За звітний період науковцями Центрального відділення ЛАН України взято участь у виконанні чотирьох міжнародних наукових проектів. Також активно відбувалася міжнародна мобільність дослідників у межах співпраці з Міжнародним інститутом прикладного системного аналізу (Австрія), університетом Штату Орегон (США), Бернським університетом прикладних наук (Швейцарія), Варшавським університетом наук про життя (Польща), IUFRO та іншими.

У звітному періоді відбувалася активна взаємодія з органами державної влади завдяки участі науковців у науково-технічних, науково-методичних та громадських радах Міністерств, а також шляхом проведення двох круглих столів та інших організаційних заходів на базі інституту та ВП НУБіП України «Боярська ЛДС». Зокрема, проведено Всеукраїнський круглий стіл на тему: «Оцінка впливу на довкілля – екологічний контроль чи «тормоз» у лісовому господарстві (02 лютого 2024 року) та Всеукраїнський круглий стіл «Стан лісового законодавства України та необхідність його адаптації до директив ЄС з урахуванням сучасних вимог» (14 серпня 2024 року). Серед базових пріоритетів розвитку Центрального відділення Лісівничої академії наук України є формування професійного середовища для розвитку лісівничої науки та освіти й формування експертного осередку для впровадження принципів сталого розвитку у лісове господарство України.

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

Впродовж 2024 р. вчені – члени ЛАН України, незважаючи на складну ситуацію у східному регіоні держави, продовжували активно працювати за актуальною науковою тематикою. Зокрема, досліджувався вплив видів і способів рубок на лісівничо-таксаційні показники, стан, товарно-сортиментну структуру насаджень, процеси природного поновлення лісових порід. Визначено сценарії щодо розрахунків прогнозу виробництва/споживання деревини в Україні: базовий, стабілізаційний та оптимістичний (за умови відсутності війни). Оновлено базу даних ландшафтних пожеж за 2024 рік. Розроблено основи методології оцінювання пожеж, стійкості лісів та моделювання поступового відпаду деревостанів.

Науковцями УкрНДІЛГА здійснено інвентаризацію селекційних об'єктів сосни, дуба, модрина,

дугласії. Проведено фенологічні дослідження, оцінено інтенсивність цвітіння клонів дуба, сосни, дугласії, модрина, ялини на лісонасінних плантаціях. Удосконалено методи стерилізації сортів родів *Salix*, *Populus*, *Rubus*, *Corylus* в умовах *in vitro*.

Досліджено стан, ріст і розвиток виробничих лісових культур дуба та сосни, створених з використанням садивного матеріалу із відкритою та закритою кореневою системою, а також методом посіву.

Уточнено біологічні особливості та поширеність адвентивних видів: ясенової смарагдової вузькотілої златки, дубового мереживного клопа та жолудевої молі. Розраховано балову оцінку шкідливості 72 видів ксилофагів тополь. Оцінено динаміку ксилофагів, їхніх ентомофагів і стану дерев сосни в осередках короїдів. Досліджено вертикальну міграцію 137 Cs у ґрунтах і закономірності його акумуляції в рослинах. Проаналізовано дані моніторингу лісів. Опрацьовано матеріали проекту SFI та визначено перспективи їх впровадження під час проведення Національної інвентаризації лісів. Налаштовано модель EFISCEN для сценарного моделювання динаміки показників лісового фонду України. Вченою радою УкрНДІЛГА вже розглянуто вісім вихідних нормативних документів, а до кінця року планується до розгляду ще десять вихідних нормативів.

Члени Східного відділення ЛАН України брали участь у чотирьох міжнародних проектах стосовно стійкості лісових порід, зокрема до короїдів і ясенової смарагдової вузькотілої златки, а також пожежної небезпеки. Взяли участь у 15 міжнародних конференціях, зокрема у 26-му Всесвітньому конгресі IUFRO, конференції щодо лісів IECF та Neobiota. У 2024 р. опубліковано 190 праць, зокрема 30 у збірниках, що входять до наукометричних баз Scopus та Web of Science, п'ять монографій, посібник, десять методичних рекомендацій. Члени відділення рецензують статті, подані в журнали Scopus та Web of Science, є запрошеними редакторами (Guest-Editors MDPI Forests) і членами редколегій наукових журналів (Folia Forestalia Polonica), ведуть пропаганду наукових знань. На вебсайтах УкрНДІЛГА розміщено понад 290 публікацій. Ученими відділення проведено 19 екскурсій, прочитано 23 лекції та надано 48 консультацій.

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

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

З науковою доповіддю «Сьогодення лісівничої освіти і науки у Національному лісотехнічному університеті України: до 150-річчя від дня започаткування освітньо-наукового процесу у Галичині» виступив директор ННІ лісового і садово-паркового господарства, академік ЛАН України С.І. Миклуш. Учений відзначив, що Навчально-науковий інститут лісового та садово-паркового господарства продовжує славні традиції з підготовки фахівців для лісового господарства та суміжних галузей держави, основи яких були закладені Вищою крайовою школою лісового господарства 150 років тому. Функціонуючі у складі інституту п'ять кафедр та їхній науковий доробок дають змогу здійснювати ступеневу підготовку здобувачів вищої освіти за спеціальностями «Лісове господарство» (спеціалізації «Лісове господарство» і «Мисливське господарство»), «Садово-паркове господарство», «Архітектура та містобудування», «Геодезія та землеустрій», «Захист та карантин рослин». В Інституті навчається понад тисячу студентів за денною та заочною формами навчання, з яких понад 680 – за денною формою. Підготовку здобувачів освіти забезпечує висококваліфікований склад науково-педагогічних працівників – 17 докторів наук, професорів та 40 доцентів, кандидатів наук. В Інституті працюють дев'ять академіків та вісім член-кореспондентів ЛАН України.

Підготовлені науково-педагогічними працівниками Інституту підручники та навчальні посібники широко використовуються не тільки в університеті, але й в інших закладах вищої освіти України для підготовки здобувачів освіти за спеціальностями «Лісове господарство» та «Садово-паркове господарство», а здобутий досвід дав змогу своєчасно забезпечити освітній процес в університеті необхідною навчально-методичною літературою, зокрема, у віртуальному середовищі університету під час переходу на дистанційну форму навчання у зв'язку з карантинном, зумовленим COVID-19.

Тривалі стажування викладачів інституту в освітніх закладах та наукових установах Європи сприяли запровадженню в університеті сучасних підходів та методик викладання дисциплін, а також дали змогу виконувати спільні наукові дослідження щодо запровадження засад наближеного до природи лісівництва та вирішення інших важливих для лісової галузі проблем. В останні роки науковці інституту друкують щорічно понад 100

наукових статей у фахових виданнях, значна частина з них – за кордоном, та більше 20 статей у виданнях, що включені в наукометричні бази Scopus та Web of Science Core Collection. Наукові дослідження проводяться переважно на закладених (майже двадцяти) багаторічних стаціонарних пробних площах і стаціонарах, які дають змогу прослідкувати процеси природного відновлення і формування структури насаджень та використовувати дослідний матеріал для підготовки кандидатських і докторських дисертацій.

Науково-педагогічні працівники Інституту беруть активну участь у розробленні та підготовці стандартів вищої освіти, проектів СОУ, нормативно-довідкових матеріалів, енциклопедій і словників.

Студенти Інституту мають змогу проходити навчання у провідних освітніх закладах Європи та брати активну участь у спільних, зі студентами іноземних закладів, дослідженнях структури та продуктивності насаджень України.

Колектив Інституту вдосконалює практику залучення для читання лекцій провідних фахівців іноземних освітніх закладів та викладання окремих дисциплін іноземними мовами.

Важливим завданням колектив Інституту вважає поглиблення підходів з підготовки багатогранної особистості лісівника, який здатний комплексно аналізувати та вирішувати практичні, соціальні і технологічні аспекти лісової політики держави.

Учасники зборів відзначили значні напрацювання як ННІ лісового і садово-паркового господарства зокрема, так і лісотехнічного університету загалом щодо науково-освітніх здобутків у підготовці нових поколінь фахівців для лісової галузі в Україні.

Загальні збори правомочні вирішувати таке важливе питання як оновлення особового складу Академії. Беручи до уваги існуючу квоту – на вакантні місця академіків претендували сім професорів, докторів наук, член-кореспондентів ЛАН України, а вакантні місця член-кореспондентів – дев'ять осіб – професорів, доцентів, докторів і кандидатів наук.

За результатами таємного голосування академіками ЛАН України стали сім член-кореспондентів Лісівничої академії: *І.М. Данилик* (член-кореспондент НАН України, директор Інституту екології Карпат НАН України, доктор біологічних наук, професор); *А.М. Жежжун* (директор Державного підприємства «Новгород-Сіверська лісова науково-дослідна станція» УкрНДІЛГА ім. Г.М. Висоцького, доктор сільськогосподарських наук, доцент); *В.С. Загорський* (ректор НЛТУ України, член-кореспондент НАН України, доктор економічних наук, професор); *І.Д. Іванюк* (директор Малинського фахового коледжу, доктор сільськогосподарських наук, професор); *І.М. Коваленко* (ректор Сумського національного аграрного університету, доктор біологічних наук, професор); *Л.М. Матушевич* (професорка кафедри таксації лісу та лісового менеджменту Національного університету

біоресурсів і природокористування України, доктор сільськогосподарських наук); *С. П. Распоіна* (завідувачка лабораторії лісового ґрунтознавства УкрНДІЛГА ім. Г. М. Висоцького, старший науковий співробітник, доктор сільськогосподарських наук).

На вакантні місця членів-кореспондентів ЛАН України Загальні збори обрали дев'ятох чоловік. Серед них: *І. В. Іванюк* (доцент кафедри відтворення лісів та лісових меліорацій Національного університету біоресурсів і природокористування України, кандидат сільськогосподарських наук); *Н. М. Клим* (доцентка кафедри обліку та аудиту Національного лісотехнічного університету України, кандидат економічних наук); *А. Й. Ковальський* (заслужений працівник сільського господарства України, провідний інженер НПП «Бойківщина», кандидат економічних наук); *Н. Г. Луців* (доцентка кафедри екологічної економіки та бізнесу Національного лісотехнічного університету України, кандидат економічних наук); *С. І. Мусієнко* (заступник директора УкрНДІЛГА, кандидат сільськогосподарських наук, старший дослідник); *В. В. Попович* (проректор з наукової роботи Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, доктор технічних наук, професор); *М. Г. Румянець* (завідувач відділу лісовідновлення та захисного лісорозведення УкрНДІЛГА, кандидат сільськогосподарських наук); *О. М. Сошенський* (доцент кафедри лісівництва Національного університету біоресурсів і природокористування України, кандидат сільськогосподарських наук); *А. К. Спірочкін* (завідувач кафедри технологій та дизайну виробів з деревини Національного університету біоресурсів і природокористування України, кандидат технічних наук, доцент).

Загальні збори внесли деякі зміни в склад Президії ЛАН України. Зокрема, членом Президії ЛАН України було обрано директора Інституту агроєкології і природокористування Національної аграрної академії наук України, доктора економічних наук, професора О. І. Дребот. За рішенням Загальних зборів, це дасть можливість тісніше співпрацювати Лісівничій академії з цим науковим закладом у вирішенні спільних проблем з охорони довкілля.

Згідно зі Статутом Лісівничої академії наук України, Президента і членів Президії ЛАН України потрібно переобирати кожні п'ять років або продовжувати їхні повноваження на цей же термін. У дискусії з цього питання взяли участь академіки С. І. Миклуш, Ю. І. Черневий, Л. І. Копій, В. О. Крамарець, які аргументовано рекомендували продовжити повноваження Президента та Президії ЛАН України на наступний п'ятирічний термін. Загальні збори одностайно підтримали цю пропозицію.

Академік-секретар ЛАН України Ю. М. Дебринюк ознайомив Загальні збори з ситуацією щодо періодичності випуску «Наукових праць Лісівничої академії наук України». Основною проблемою, яка зумовлює певну затримку випуску наукового видання, є відсутність достатньої кількості нау-

кових статей. Виступаючий зазначив, що вимоги до написання статей в «Наукові праці ЛАН України» практично такі ж високі, як і до статей, які подають в журнали, що входять до наукометричних баз Scopus чи Web of Sciences. Більшість авторів надають перевагу саме високореєтинговим журналам. Тому редколегія «Наукових праць ЛАН України» також докладає чимало зусиль для підвищення свого рейтингу, але без активної підтримки науковців Академії це завдання вирішити дуже складно. Учасниками зборів було прийнято рішення про активізацію роботи з подання статей у «Наукові праці ЛАН України». Також було зазначено про необхідність посилення авторами статей на наукові статті, опублікованих в «Наукових працях ЛАН України», що підвищить рейтинг наукового журналу серед світової лісівничої спільноти.

Учасники зборів також подякували виконавчому директору ДП «Ліси України, академіку ЛАН України І. М. Лицуру за сприяння та оплату видання «Довідника ЛАН України» та «Наукових праць ЛАН України» (26-ий випуск).

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

За рекомендацією Президії ЛАН України та одностайним рішенням Загальних зборів цю нагороду було вручено: Президенту Лісівничої академії наук України, академіку ЛАН України, доктору біологічних наук, заслуженому діячеві науки і техніки України, Почесному лісівникові України *Г. Т. Криницькому*; академіку Лісівничої академії наук України, директору Відокремленого підрозділу Національного університету біоресурсів і природокористування України «Боярська лісова дослідна станція», доктору економічних наук, професору *А. І. Карпуку*; академіку Лісівничої академії наук України, головному науковому співробітнику відділу інвентаризації лісів, моніторингу, сертифікації та лісовпорядкування Українського науково-дослідного інституту лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького, доктору сільськогосподарських наук, професору *В. П. Пастернаку*.

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

## **PROBLEMS AND PROSPECTS OF THE DEVELOPMENT OF FORESTRY IN UKRAINE (based on the proceedings of the General Meeting of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine on October 11, 2024)**

H. Krynytskyy, Iu. Debryniuk, R. Vasylyshyn,  
O. Holubchak, V. Lavnyy, V. Meshkova,  
S. Myklush, M. Sishchuk

At the regular annual General Meeting of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine in Lviv, the problems and prospects for the development of forestry education and forest science in the context of today's complex challenges were discussed and the following main areas of activities of the Academy were determined:

1. Continuation of fundamental and applied research on problems of forest science, practical forestry, agricultural amelioration, forest exploitation, woodworking, and forest economics.
2. Organization and holding of scientific-and-practical conferences, workshops, and conducting round-table discussions.
3. Intense international activities – exchange of information, participation in joint scientific research, acquiring international experience.
4. Implementation of publishing activities.
5. Familiarization with and studying regulatory reference forestry materials.
6. Solving problematic issues related to the formation of low-density stands and sparse forests, as well as the expediency of using introduced tree species with invasive manifestations in the forest sector of Ukraine.
7. Introduction of principles of close-to-nature forestry into the forest sector of Ukraine.

The work of members of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine in these areas was specified in the reports of the Heads of the Academy's Branches.

The Head of the *Western Branch*, academician O.I. Holubchak, noted that the scientific research activities of the staff of the Ukrainian Research Institute for Mountain Forestry are focused on four main areas: a study of the condition and structure of mountain protective forests and development of measures for their rational use; improving methods to prevent the development of erosion processes during logging in the mountains; development of a system for the preservation and rational use of recreational and health-improving forests of the Ukrainian Carpathians in the context of changing the structure of public administration; a study of the effectiveness of reforestation in the Carpathian region based on the achievements of tree breeding and introduction of woody plants.

Vice-Rector for Research of the Ukrainian National Forestry University, academician V.V. Lavnyy, supplemented the report of the *Western Branch* with the information about the scientific achievements of the University employees – members of the Forestry Academy – in the following areas: development of theoretical and practical foundations for sustained use of forest resources based on the principles of close-to-nature forestry; creation of new wood-based composite materials on the basis of energy-saving and environmentally friendly technologies for wood processing and harvesting; development of scientific and methodological principles of ecological (“green”) economics as the basis for sustainable development of society and the State; development of ecological and biological foundations for the conservation and reproduction of the gene pool of forest ecosystems.

The Head of the *Central Branch*, academician R.D. Vasylyshyn, noted that the activities of the Branch of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine were aimed at conducting research in the following areas: development of methodological foundations and information support for assessing the ecosystem functions of forests and the impact of the war on the functioning of forest phytocoenoses; development of scientific and methodological principles and information tools for assessing carbon emissions as a result of disruptions caused by military actions; formation of scientific and methodological support for the development of forest resource inventory; practical foundations of phytodesign eco-transformation of plantings in megapolis landscapes; development of scientific and methodological support for risk assessment, prediction and prevention of wildfires.

The Head of the *Eastern Branch*, academician V.L. Meshkova, noted that despite the difficult situation in the eastern region of the State, the scientists continued to actively work on relevant scientific topics. In particular, the influence of types and methods of felling on forest mensuration indicators, the condition, merchantable-and-assortment structure of forest stands, and the processes of natural regeneration of tree species were investigated. The foundations of the methodology for assessing fires, forest sustainability and modeling post-pyrogenic forest stand mortality have been developed. Appraisal by points of harmfulness of 72 species of poplar xylophages was calculated. The dynamics of xylophages, their entomophages and the condition of pine trees in bark beetle outbreaks were assessed. The vertical migration of 137 Cs in soils and the patterns of its accumulation in plants were studied.

The President of the Forestry Academy of Ukraine, professor H. T. Krynytskyy, summarized the results of the scientific activities of the members of the Forestry Academy for 2024 and wished the academic forestry community new scientific achievements in the forestry field for the benefit of the Ukrainian State.

# 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/10.15421/412410>  
Article received 2024.05.19  
Article accepted 2024.10.18

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

[Lukyanchuk@nltu.edu.ua](mailto:Lukyanchuk@nltu.edu.ua)  
103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine

УДК 582.091/.093:581.54

## Вплив кліматичних змін на вегетацію деревних рослин Ботанічного саду НЛТУ України

Н. Г. Лук'янчук<sup>1</sup>, Л. Т. Блюсюк<sup>2</sup>, Н. Л. Блюсюк<sup>3</sup>, Н. З. Кендзьора<sup>4</sup>, Л. Б. Коляда<sup>5</sup>

Окреслено проблему кліматичних змін у лісостеповій зоні західного регіону України. Аналіз динаміки температури атмосферного повітря та кількості опадів у Львові з 2010 по 2023 рр. засвідчив тенденцію до посилення посух, збільшення кількості і тривалості спекотних періодів. Кліматичні зміни можуть впливати на зону розповсюдження рослин і зміну агрокліматичних умов, що має суттєвий вплив на ріст і розвиток декоративних рослин у міському середовищі. Кліматичні умови території мають значний вплив на екологічний стан рослин, визначають їхню здатність адаптуватись до зміни клімату, рости і розвиватись у певному регіоні.

Впродовж 2023 рр. досліджено особливості впливу кліматичних чинників на початок і завершення вегетації деревних рослин, тривалість періоду вегетації в умовах Ботанічного саду НЛТУ України. Дослідженнями щодо впливу погодно-кліматичних чинників на зміни феноритмів вегетації деревних рослин встановлено, що рослини феногруп дуже раннього та раннього початку вегетації внаслідок аномально теплих зимових місяців почали вегетацію зі значним випередженням. Поряд з цим, різкі зниження середньодобових температур, часті весняні приморозки спричинили затримку початку вегетації цілої низки видів деревних рослин. Завершення вегетації дерев і кущів у всіх феногрупах відбувалось зі значним запізненням.

Здійснений аналіз має практичне значення для ефективного використання інтродукованих деревних видів в озелененні у різних регіонах України та створення рослинних угруповань, стійких до змін кліматичних умов.

**Ключові слова:** клімат; динаміка температур; період вегетації; феногрупи рослин.

<sup>1</sup> Лук'янчук Неля Георгіївна – член-кореспондент Лісівничої академії наук України, кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри екології. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. E-mail: [Lukyanchuk@nltu.edu.ua](mailto:Lukyanchuk@nltu.edu.ua) ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2354-2446>

<sup>2</sup> Блюсюк Левко Тарасович – магістр екології. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. E-mail: [levkob11999@gmail.com](mailto:levkob11999@gmail.com)

<sup>3</sup> Блюсюк Надія Любомирівна – кандидат сільськогосподарських наук, завідувач відділу лісівничо-ботанічних досліджень Ботанічного саду загальнодержавного значення. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: (032) 237-88-20, (032) 258-42-81. E-mail: [nadiabl1967@gmail.com](mailto:nadiabl1967@gmail.com)

<sup>4</sup> Кендзьора Наталія Зенонівна – кандидат сільськогосподарських наук, директор Ботанічного саду загальнодержавного значення. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: (032) 237-88-20, (032) 258-42-81. E-mail: [nataly\\_kend@ukr.net](mailto:nataly_kend@ukr.net) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0603-7811>

<sup>5</sup> Коляда Лілія Богданівна – інженер відділу лісівничо-ботанічних досліджень Ботанічного саду загальнодержавного значення. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: (032) 237-88-20, (032) 258-42-81. E-mail: [botsad@ukr.net](mailto:botsad@ukr.net)

**Вступ (Introduction).** Проблема кліматичних змін в Україні стала однією із найбільш актуальних (Wilson et al., 2021). За останнє десятиріччя південні регіони, які в попереднє десятиріччя належали до середньопосушливих, перейшли у категорію сильнопосушливих, а слабозволожені – у середньопосушливі (Барабаш, Гребенюк, Татарчук, 2007; Степаненко, Польовий, Школьник, 2011). Також майже вдвічі зросла повторюваність днів з максимальними температурами влітку (понад 35°C), що є екстремальним погодним явищем (Shevchenko et al., 2013; Іванюта та ін., 2020; Climate Change, 2021). Підвищення середньорічних температур, нерівномірний розподіл опадів, збільшення кількості екстремальних явищ несе загрозу зникнення окремих видів у міському середовищі та появи нових (зокрема інвазивних) видів, що може призвести до негативних незворотних явищ (Телегуз, 2012; Meteorologists are concerned..., 2015). Так, межі ареалів деяких видів можуть бути змінені через зміни меж природних зон, а окремі деревні продуктивні види можуть повністю зникнути, що вплине на видовий склад і скорочення площ лісів, а також ефективність екологічного функціонування лісових екосистем (Єремеев, 2003; Канарський, 2016).

Чутливим індикатором таких змін є рослини урбанізованих територій, реакція яких зводиться до трьох типів – міграція, адаптація та вимирання. Ці процеси ускладнені значно швидшими темпами змін зовнішніх чинників, ніж спроможність видів рослин реагувати на них (Дідух, 2009). Тому одним із напрямів комплексних еколого-географічних, біологічних досліджень зміни клімату є фенологічні спостереження зі встановленням циклічності біоритмів і закономірностей вегетації у рослинних організмів, адже динаміка настання фенофаз, терміни початку і тривалості фенологічних циклів у рослин перебувають під постійним впливом сезонних кліматичних змін (Білик, Гринюк, 2010; Polgar, & Primack, 2011).

Для створення декоративних насаджень, стійких до несприятливих кліматичних змін, необхідне всебічне оцінювання зимостійкості, ритмів росту та розвитку, особливостей розмноження рослин. Зокрема, зв'язок показників біоритмів деревних рослин зі ступенем їхньої зимостійкості висвітлено у працях О.М. Колісніченко (2004) та Т.Д. Ковальчук (2020). Подібні дослідження, а саме, – календарні терміни початку фенологічних фаз, тривалості фаз і міжфазних періодів, проводились для вивчення здатності реагувати на зміни умов навколишнього середовища рідкісних видів в умовах Вінницької області (Машталер, Луценко, Мікуліч, 2021). Також на основі фіксації фенодату у процесі візуального спостереження науковцями оцінено пристосованість рідкісних видів на Південному Сході України (Глухов, Костирко, Горлачова, 1998).

Вивчення сезонних ритмів розвитку рослин також необхідне для оцінювання естетичних

і санітарно-гігієнічних властивостей дерев і кущів міських територій упродовж року (Badeck et al., 2004; Фекета, 2011; Лук'янчук, 2019).

Для інтродукції рослин у нові для них кліматичні умови необхідно вивчити їхню реакцію на чинники зовнішнього середовища та цикл сезонного розвитку, який відображає еволюцію рослин, екологічні властивості і здатність реагувати на зміни умов навколишнього середовища (Машталер та ін., 2021). Під час оцінювання адаптивної здатності рослин широке застосування знайшло використання результатів фенологічних спостережень, які забезпечують глибше вивчення біологічних особливостей та екологічних властивостей рослинних організмів. Інтродукційну фенологію особливо широко використовують у ботанічних садах, що забезпечує цінний науковий матеріал щодо ступені відповідності інтродуцентів новим умовам середовища (Chmielewski, & Rötzer, 2001; Richardson et al., 2013).

Адаптація рослин до зміни клімату – це процес, в якому рослини змінюють свої фізіологічні, морфологічні та репродуктивні характеристики, пристосовуються до нових умов середовища, спричинених змінами клімату (Bertin, 2008). Загалом, адаптація рослин до зміни клімату є складним і динамічним процесом, який може мати велике значення для збереження біорізноманіття та функціонування екосистем у нових умовах мінливого клімату. Саме тому високою актуальністю відзначається питання здійснення ґрунтового аналізу змін сезонних ритмів деревних видів (Букша та ін., 2017).

*Мета роботи* полягає у вивченні впливу кліматичних змін на терміни настання фенофаз вегетації декоративних деревних рослин, що дасть змогу запропонувати для ширшого впровадження деревні види, стійкі до кліматичних змін.

**Об'єкти та методики дослідження (Objekts and methods).** Об'єктом дослідження були деревні рослини колекції Ботанічного саду НЛТУ України. Дендрологічні об'єкти розміщені у центральній та південній частинах м. Львова: дендрарій по вул. О. Кобилянської, 1; дендропарк по вул. Ген. Чупринки-Природна; розсадник по вул. Землеробній, а також арборетум у с. Страдч (Державний кадастр територій та об'єктів..., 2021).

*Предмет досліджень* – особливості впливу кліматичних чинників на початок і завершення вегетації деревних рослин, на тривалість періоду вегетації. Загальні фенологічні спостереження проводили впродовж 2014-2023 рр. за 111 деревними видами, внутрішньовидовими формами і культиварами деревних рослин дендропарку Ботанічного саду НЛТУ України. Номенклатуру латинських назв деревних видів подано за «Дендрофлорою України» (2002).

За фізико-географічним районуванням території об'єкти Ботанічного саду знаходяться у північно-західній частині Щирецького району області Роз-

точчя та Опілля Західноукраїнської провінції Лісостепової фізико-географічної зони південного заходу Східноєвропейської рівнинної країни. Таке географічне розташування сприяло формуванню у межах Львівщини помірно континентального клімату з м'якою зимою і теплим літом (Клімат Львова, 1998). Під впливом кліматичних характеристик відбувається формування характерної рослинності (Львівська область..., 2018). Згідно з геоботанічним районуванням, дендрологічні об'єкти Ботанічного саду розташовані у межах Голгоро-Вороняцького району букових лісів та Щирецького району дубових лісів округу Кременецько-Хотинських дубових і дубово-букових лісів, а також Кам'янсько-Бузько-Винниківського району дубово-соснових, дубових і грабово-дубових лісів Малополіського округу соснових і дубово-соснових лісів (Брадїс, Андрієнко, 1977).

Під час проведення досліджень використано методику наземних спостережень за окремими модельними рослинами з реєструванням календарних дат настання фенофаз (Методика державного випробування..., 2003). За початок вегетації рослин була прийнята дата настання фенофази набубнявіння вегетативних бруньок (ПБ<sup>1</sup>); за завершення вегетації – настання фенофази осінньої зміни забарвлення листків (5Л<sup>3</sup>). Інтервал між цими фазами – це тривалість періоду вегетації. Для порівняльного аналізу та оцінювання сезонної феноритміки використано матеріали статистичної обробки показників фено- і метеоспостережень. Динаміку показників температури атмосферного повітря впродовж доби встановлювали з обчисленням середньомісячних кількісних показників температури повітря та опадів за даними архівів метеостанції Львівського аеропорту. Для опадів визначали їхню сумарну добову кількість.

Особливості феноритміки вегетації деревних рослин встановлювали за загальноприйнятою методикою (Кендзьора та ін., 2013). Для аналізу сезонних ритмів вегетації використано поділ рослин на феногрупи (Кендзьора, 2021):

Групи за середньою фенодатою початку вегетації: ДРПВ – дуже раннього початку вегетації: до 11 березня; РПВ – раннього початку вегетації: 11 березня–20 березня; СПВ – середнього початку вегетації: 21 березня–31 березня; ППВ – пізнього початку вегетації: 1 квітня–10 квітня; ДППВ – дуже пізнього початку вегетації: після 10 квітня.

Групи за середньою фенодатою закінчення вегетації: ДРЗВ – дуже раннього завершення вегетації: до 11 жовтня; РЗВ – раннього завершення вегетації: 11 жовтня–20 жовтня; СЗВ – середнього завершення вегетації: 21 жовтня–31 жовтня; ПЗВ – пізнього завершення вегетації: 1 листопада – 10 листопада; ДПЗВ – дуже пізнього завершення вегетації: після 10 листопада.

Групи за тривалістю періоду вегетації: ДКВ – дуже короткого періоду вегетації: до 171 доби; КВ – короткого періоду вегетації: 171-190 діб; СВ – середнього періоду вегетації: 191-210 діб;

ТВ – тривалого періоду вегетації: 211-230 діб; ДТВ – дуже тривалого періоду вегетації: понад 230 діб.

Проаналізовано період вегетації рослин, який вирізняється серед інших феноперіодів своєю значною тривалістю. Для статистичного опрацювання дослідних матеріалів використано такі показники: середнє значення ряду даних, основну похибку, коефіцієнт варіації, показник точності. Відомо, що такі відносні величини як коефіцієнт варіації і точність досліду під час роботи з числами безперервного ряду втрачають свій сенс. Тому для математичної обробки рядів фенодат з метою характеристики їх розсіювання за роками було використано величини середнього квадратичного відхилення чи основної помилки, які визначаються в абсолютних показниках – днях (добах), а отже, не залежать від їх місця в ряду чисел, початок яких визначають суб'єктивно (Кендзьора та ін., 2013).

**Результати (Results).** Природні умови району розташування території дендрологічних об'єктів Ботанічного саду є сприятливими для вирощування колекційної флори європейського, сибірського, східно-азійського, середземноморського і північно-американського природно-кліматичних регіонів. На території дендропарку Ботанічного саду налічується 2761 колекційна особина дерев і кущів, які належать до 430 видових і внутрішньовидових таксонів, 130 родів, 59 родин, трьох класів і двох відділів (Блюсюк, Коляда, 2016).

Згідно поділу дерев і кущів за їх сезонними ритмами вегетації, а саме, за середньою фенодатою початку вегетації найбільша кількість рослин знаходиться у групі дуже раннього початку вегетації (43%), раннього початку вегетації (27%) та середнього початку вегетації (20%). Рослин пізнього початку вегетації та дуже пізнього початку вегетації обліковано значно менше – 6 та 4% відповідно (табл. 1).

У рослин феногрупи дуже раннього початку вегетації (представники родів *Spiraea* L., *Carpinus* L., *Deutzia* Thunb., *Lonicera* L., *Syringa* L., *Betula* L., *Salix* L., *Sorbus* L., *Ulmus* L., *Cydonia* L.,) початок вегетації відбувається в останній декаді лютого – на початку березня. Більшість із них – рослини раннього та середнього завершення вегетації, що представлені зимостійкими аборигенними видами або інтродуцентами з Південно-Західної Європи.

До феногрупи раннього початку вегетації увійшли, зокрема, представники родів *Acer* L., *Berberis* L., *Euonimus* L., *Pyrus* L., *Weigela* L. Переважна більшість цих рослин належить до групи середнього завершення вегетації. До феногрупи середнього початку вегетації увійшли представники родів *Aesculus* L., *Magnolia* L., *Juglans* L., *Sorbus* L., які дуже рано або рано завершують вегетацію. Феногрупи пізнього та дуже пізнього початку вегетації представлені в основному інтродуцентами, які завершують вегетацію в останній декаді жовтня–першій декаді листопада (*Maclura*

*pomifera* (Raf.) Schneid., *Hibiscus syriacus* L., *Paulownia tomentosa* (Thunb.) Stend., *Ptelea trifoliata* L., *Securinega suffruticosa* (Pall.) Rehd.).

Серед феногруп, проаналізованих за середньою датою завершення вегетації, найчисельнішою є група середнього завершення вегетації (34%). Близькими до неї за кількістю є також феногру-

пи раннього та пізнього завершення вегетації, які налічують 27 та 20% досліджуваних видів рослин відповідно (табл. 2). Менш чисельними є феногрупи дуже раннього та дуже пізнього завершення вегетації – 9 та 10% відповідно, причому у феногрупі дуже пізнього завершення вегетації входять виключно рослини дуже раннього початку вегетації.

**Таблиця 1. Кількісний розподіл рослин дендрофлори на феногрупи за початком вегетації**

**Table 1. Quantitative distribution by phenogroups of dendroflora at the beginning of the growing season**

| Назва феногрупи рослин                | Календарний інтервал фенодат | Коливання основної похибки, діб | Кількість рослин, шт. |
|---------------------------------------|------------------------------|---------------------------------|-----------------------|
| ДРВ – дуже раннього початку вегетації | до 10.03                     | 2-5                             | 47                    |
| РВ – раннього початку вегетації       | 11.03-20.03                  | 2-5                             | 31                    |
| СВ – середнього початку вегетації     | 21.03-31.03                  | 1-5                             | 22                    |
| ПВ – пізнього початку вегетації       | 1.04-10.04                   | 2-4                             | 7                     |
| ДПВ – дуже пізнього початку вегетації | після 11.04                  | 2-4                             | 4                     |
| <b>Разом</b>                          |                              |                                 | <b>111</b>            |

**Таблиця 2. Кількісний розподіл рослин дендрофлори на феногрупи за завершенням вегетації**

**Table 2. Quantitative distribution by phenogroups of dendroflora at the end of the growing season**

| Назва феногрупи рослин                    | Календарний інтервал фенодат | Коливання основної похибки, діб | Кількість рослин, шт. |
|-------------------------------------------|------------------------------|---------------------------------|-----------------------|
| ДРЗВ – дуже раннього завершення вегетації | до 11.10                     | 5-24                            | 10                    |
| РЗВ – раннього завершення вегетації       | 11.10-20.10                  | 4-18                            | 30                    |
| СЗВ – середнього завершення вегетації     | 21.10-31.10                  | 5-18                            | 38                    |
| ПЗВ – пізнього завершення вегетації       | 1.11-10.11                   | 4-19                            | 22                    |
| ДПЗВ – дуже пізнього завершення вегетації | після 10.11                  | 9-18                            | 11                    |
| <b>Разом</b>                              |                              |                                 | <b>111</b>            |

За тривалістю періоду вегетації рослини поділено на п'ять груп (Кендзьора та ін., 2013). Феногрупи дуже короткого та короткого періоду вегетації включають по одному виду – *Aesculus hippocastanum* L. (ДКВ) та *Fraxinus pennsylvanica* Marsh. (КВ). Майже половина досліджуваних рослин належать до феногрупи дуже тривалого періоду вегетації (43%). Решта розподілено по феногрупах середнього і тривалого періоду вегетації (21 та 34% відповідно). У феногрупі середньої тривалості вегетації переважну більшість складають рослини середнього початку вегетації (табл. 3).

Тривалий період вегетації спостережено переважно у дерев дуже раннього та раннього початку вегетації. До феногрупи дуже тривалої вегетації входять рослини виключно раннього і дуже раннього початку вегетації. Отже, прослідковується взаємозв'язок між термінами початку та завершення вегетації деревних рослин, що безпосередньо визначає тривалість періоду вегетації.

**Таблиця 3. Кількісний розподіл рослин дендрофлори на феногрупи за тривалістю вегетації**

**Table 3. Quantitative distribution by phenogroups of dendroflora by duration of vegetation**

| Назва феногрупи тривалості вегетації   | Тривалість періоду вегетації, діб | Кількість рослин, шт. |
|----------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|
| ДКВ – дуже короткого періоду вегетації | до 170                            | 1                     |
| КВ – короткого періоду вегетації       | 171-190                           | 1                     |
| СВ – середнього періоду вегетації      | 191-210                           | 23                    |
| ТВ – тривалого періоду вегетації       | 211-30                            | 38                    |
| ДТВ – дуже тривалого періоду вегетації | понад 231                         | 48                    |
| <b>Разом</b>                           |                                   | <b>111</b>            |

Сезонна феноритміка рослин залежить від погодно-кліматичних умов регіону. Серед комплексу метеорологічних чинників домінуючими є температура повітря та кількість опадів, які найсут-

тєвіше впливають на ріст і розвиток рослин. Динаміку середньомісячних показників температури повітря та опадів з використанням даних архівів погоди для м. Львова наведено на рис. 1.

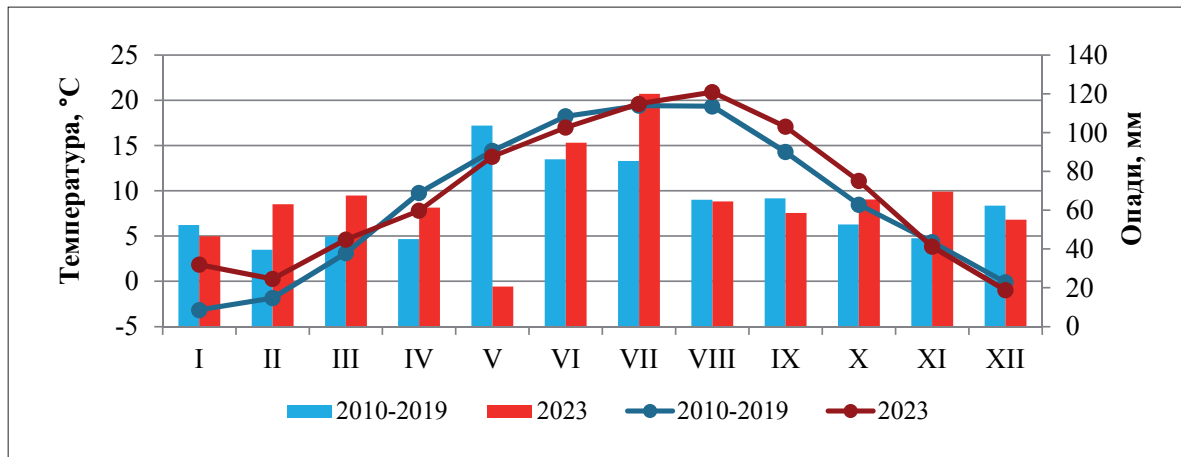


Рис. 1. Динаміка температури атмосферного повітря та кількості опадів впродовж 2010-2023 рр.

Fig. 1. Dynamics of atmospheric air temperature and amount of precipitation from 2010 to 2023

Аналізуючи динаміку основних метеофакторів, можна констатувати, що найхолоднішим місяцем у 2023 р. був лютий – середньомісячна температура атмосферного повітря становила 0°C, а найтеплішими – липень (+20°C) і серпень (+21°C). Максимальну кількість опадів спостережено в червні (95 мм) і липні (120 мм), мінімальну – в травні (21 мм). Під час порівняння середньомісячних температур у 2023 р. із середньомісячними температурами за період 2010-2019 рр. зауважимо, що особливістю температурного режиму у 2023 р. були аномально високі показники середньомісячних температур у січні та лютому, які мали додатні значення. Максимальні значення середньодобової температури в січні сягали +6...+10°C, а в лютому – +4...+7°C. Значно холоднішими, порівняно з попередніми роками, були у 2023 р. весняні місяці і червень. Середньодобові значення температури в березні мали стрибкоподібний характер, а мінімальна добова температура часто опускалась до -3...-7°C. Таку ж тенденцію спостережено і в квітні зі зниженням нічних температур до -2°C. Різкі зниження середньодобових температур були в першій і другій декадах травня та в першій половині червня. Такі коливання температур у поєднанні з підвищеною кількістю опадів, які випали впродовж березня і квітня, могли виявити негативний вплив на початок росту деревних рослин.

Погодно-кліматичні умови другої половини 2023 р. характеризувались значно вищими значеннями середньодобових температур повітря порівняно з середніми значеннями минулих років. Така стабільно тепла погода трималась аж до першої декади жовтня включно, причому максимальні значення температури в цей період сягали +30...+33°C

в серпні та +26...+28°C – у вересні. В осінній період випала порівняно велика кількість опадів, а в листопаді – з мокрим снігом. З другої декади листопада середньодобові температури опустились до від'ємних значень, а мінімальна температура сягнула -9°C.

Таким чином, погодні умови у 2023 р. характеризувались м'якою зимою з переважно додатними середньодобовими значеннями температури повітря та різкими її коливаннями у весняний період, і жарким літньо-осіннім періодом зі значною кількістю опадів.

Кліматичні умови впродовж 2023 р. спричинили певні відхилення у настанні фаз вегетативного розвитку рослин. Аналіз змін сезонних ритмів досліджуваних рослин впродовж 2023 рр. у межах виділених феногруп показав, що у рослин феногрупи ДРПВ вегетація розпочалась в окремих представників роду *Spiraea* L. ще в січні та на початку лютого (табл. 4). Першими розпочали вегетацію в цій групі також *Carpinus betulus* L., *Schizandra chinensis* (Turch.) Baill., *Cotoneaster horizontalis* Dcne., *Deutzia parviflora* Bunge, представники родів *Lonicera* L., *Cotoneaster* L., *Syringa* L. Фазу набубнявіння бруньок, яка є відліком початку вегетації, спостережено у більшості рослин феногрупи ДРПВ впродовж лютого і березня. Такий швидкий початок вегетації спричинений аномально теплими зимовими місяцями. Проте від'ємні нічні температури у березні спричинили затримку ростових процесів, і частина рослин, порівняно з середньою датою, розпочала вегетацію зі значним запізненням. Серед них, *Salix caprea* L., *Sorbus aucuparia* L., *Corylus colurna* L., *Actinidia kolomikta* (Rupr.) Maxim., *Philadelphus coronarius* 'Plena', *Symphoricarpos albus* (L.) Blake (20.03 - 27.03).

Таблиця 4. Фенологія початку вегетації рослин у 2023 році  
Table 4. Phenology of the beginning of vegetation in 2023

| Феногрупи |         | ДРПВ<br>дуже ранній | РПВ<br>ранній | СПВ<br>середній | ППВ<br>пізній | ДППВ<br>дуже пізній |
|-----------|---------|---------------------|---------------|-----------------|---------------|---------------------|
| Фенодати  | середні | до 11.03            | 11.03 - 20.03 | 21.03 - 31.03   | 01.04 - 10.04 | після 10.04         |
|           | 2023 р. | 19.01 - 27.03       | 3.03 - 10.04  | 10.03 - 16.04   | 19.03 - 29.04 | 24.04 - 8.05        |

У рослин феногрупи РПВ набубнявіння бруньок відбулось з невеликим випередженням середньостатистичних фенодат. Першими розпочали вегетацію представники родів *Acer* L. та *Berberis* L., а також *Philadelphus coronarius* L. та *Cerasus serrulata* 'Plena'. Несприятливі кліматичні умови березня з періодичними зниженнями нічних температур до -5 і -7°C спричинили значну затримку початку вегетації більшості рослин цієї феногрупи. Порівняно пізно розпочали вегетацію *Symphoricarpos orbiculatus* Moench (28.03), *Weigela hybrida* Jaeg. (29.03), *Rosa roxburghii* Tratt. (30.03), *Hydrangea arborescens* 'Sterilis' (30.03), *Koelreuteria paniculata* Laxm. (1.04), *Weigela florida* (Bge.) A. DC. (10.04). Ранній початок вегетації деревних рослин збільшує вірогідність їх пошкодження приморозками.

У рослин феногрупи СПВ набубнявіння бруньок почалось вчасно, за винятком *Platanus acerifolia* Willd. та *Euonymus latifolius* (L.) Mill., в яких вегетація почалась дещо раніше – 10.03 та 19.03 відповідно. Проте рослини таких видів, як *Robinia pseudoacacia* L., *Aralia mandshurica* Rupr.et Maxim., *Buddleja alternifolia* Maxim., представники родів *Magnolia* L. та *Juglans* L. розпочали вегетацію з певним запізненням (на початку квітня). Така затримка, ймовірно, була спричинена різким зниженням середньодобових температур наприкінці березня та опусканням нічних температур до -5°C.

У рослин феногрупи ППВ вегетація розпочалась з великими відхиленнями від середніх значень. Лише *Tamarix ramosissima* Ledeb. та *Swida*

*sanguinea* (L.) Opiz розпочали вегетацію швидше – 25.03 та 30.03 відповідно. Решта рослин цієї групи вступили у вегетацію із запізненням (на 4-19 діб), що є наслідком різкого зниження середньодобових температур у першій декаді квітня та приморозків до -2°C з одночасним випаданням мокрого снігу. Такі кліматичні умови стали також причиною значної затримки початку вегетації всіх рослин феногрупи ДППВ. Найпізніший початок вегетації спостерігався у *Paulownia tomentosa* (Thunb.) Stend. (28.04) та *Ptelea trifoliata* L. (8.05).

Терміни завершення вегетації деревних рослин у 2023 р. відзначались певною неоднорідністю (табл. 5). У всіх феногрупах більшість рослин завершила вегетацію зі значним запізненням (на 38-47 діб).

У феногрупі ДРЗВ вчасно завершили вегетацію (в межах середніх значень) тільки *Lonicera caerulea* L. та *Lonicera edulis* Turcz.et Freyn., які дуже рано розпочинають вегетацію навесні, а *Aesculus hippocastanum* L. – із запізненням лише на одну добу. Всі інші рослини цієї феногрупи завершили вегетацію із запізненням. Зокрема, із незначним запізненням завершили вегетацію *Juglans regia* L. та *Caragana arborescens* Lam. (на 8 і 9 діб відповідно), *Aesculus carnea* Hayne та *Euonymus latifolius* (L.) Mill. – на 17 діб, *Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliot – на 18 діб пізніше. *Hydrangea arborescens* 'Sterilis' та *Exochorda grandiflora* (Hook.) C.K. Schneid. завершили вегетацію із затримкою на 28 і 47 діб відповідно.

Таблиця 5. Фенологія завершення вегетації рослин у 2023 році  
Table 5. Phenology of the end of vegetation in 2023

| Феногрупи |         | ДРЗВ<br>дуже ранній | РЗВ<br>ранній | СЗВ<br>середній | ПЗВ<br>пізній | ДПЗВ<br>дуже пізній |
|-----------|---------|---------------------|---------------|-----------------|---------------|---------------------|
| Фенодати  | середні | до 11.10            | 11.10-20.10   | 21.10-31.10     | 01.11-10.11   | після 10.11         |
|           | 2023 р. | 02.10-27.11         | 17.10-04.12   | 25.10-08.12     | 30.10-27.12   | 15.11-30.12         |

Таку ж тенденцію спостережено і у феногрупі РЗВ. Вчасно завершили вегетацію, тобто в межах середньостатистичних термінів, лише незначна кількість видів деревних рослин: *Sorbus intermedia* (Ehrh.) Pers., *Syringa amurensis* Pupr., *Deutzia parviflora* Bunge, *Rosa roxburghii* Tratt., *Syringa josikaea* Jacq.f., *Schizandra chinensis* (Turch.) Baill. В інших рослин цієї групи терміни завершення ве-

гетації розтягнулись із запізненням до 45 діб. Причиною такої затримки термінів завершення вегетації, ймовірно, стала стабільно тепла погода з третьої декади жовтня і до середини листопада з незначною кількістю опадів. Із запізненням від трьох до 11 діб завершили вегетацію більшість рослин, зокрема представники родів *Acer* L., *Magnolia* L., *Fraxinus* L., *Juglans* L. Проте певна частина рослин

завершила вегетацію зі значним запізненням: *Sorbus latifolia* (Lam.) Pers. – на 13 діб, *Carpinus betulus* L. – на 15 діб, *Euonymus verrucosus* Scop. – на 17 діб. Із найбільшим запізненням завершили вегетацію *Pyrus communis* L. – на 31 добу, *Populus simonii* Carr. – на 34 доби, *Syringa pekinensis* Rupr. – на 37 діб та *Euonymus europaeus* L. – на 45 діб.

У феногрупі СЗВ в межах середніх значень завершили вегетацію такі види: *Securinega suffruticosa* (Pall.) Rehd., *Viburnum opulus* L., *Staphylea pinnata* L., *Cotoneaster niger* (Thunb.) Fries. Інші рослини цієї групи завершили вегетацію із запізненням впродовж листопада, а *Crataegus monogyna* 'Rubroplena' і *Laburnum anagyroides* Medic. – 4-го та 8-го грудня відповідно.

Рослини феногрупі ПЗВ завершили вегетацію ще з більшим діапазоном відхилень. Раніше, ніж середні значення, завершили вегетацію *Paulownia tomentosa* (Thunb.) Stend. (30.10) та *Liquidambar styraciflua* L. (31.10), в межах норми – *Forsythia viridissima* Lindl., *Acer pseudoplatanus* 'Purpureum', *Berberis vulgaris* L., *Lonicera xylostereum* L. Решта рослин цієї групи завершували вегетацію зі значним запізненням впродовж листопада, а окремі

види – навіть у грудні (*Weigela florida* (Bge.) A. DC., *Weigela hybrida* Jaeg., *Rosa multiflora* (Thunb.).

У феногрупі ДПЗВ рослини завершили вегетацію в період з 15.11 до 30.12, а більшість з них – до третього грудня. Найпізніше завершили вегетацію *Ribes alpinum* L., *Symphoricarpos albus* (L.) Blake та *Symphoricarpos orbiculatus* Moench.

Отже, завершення вегетації деревних рослин у 2023 р. у всіх феногрупах відбувалось із запізненням і впродовж значного періоду часу. Цьому сприяла стабільно тепла погода з третьої декади жовтня і до середини листопада із незначною кількістю опадів.

Зміщення термінів початку та завершення вегетації деревних рослин Ботанічного саду вплинуло і на тривалість їхнього вегетування (табл. 6). До феногрупі ДКВ віднесено лише один вид – *Aesculus hippocastanum* L. У 2023 р. тривалість вегетації цього виду збільшилась на 31 добу порівняно із середньостатистичними даними.

Феногрупа КВ представлена також одним видом – *Fraxinus pennsylvanica* Marsh. Тривалість вегетаційного періоду цього деревного виду становила 189 діб, що є в межах норми.

Таблиця 6. Тривалість вегетації рослин в 2023 році, діб  
Table 6. Duration of the growing season of plants in 2023, days

| Феногрупи |         | ДКВ<br>дуже коротка | КВ<br>коротка | СВ<br>середня | ТВ<br>тривала | ДТВ<br>дуже тривала |
|-----------|---------|---------------------|---------------|---------------|---------------|---------------------|
| Фенодати  | середні | до 171              | 171 - 190     | 191 - 210     | 211 - 230     | > 230               |
|           | 2023 р. | 202                 | 189           | 177 - 309     | 202 - 276     | 221 - 318           |

Рослини феногрупі СВ завершили вегетацію переважно у звичайний період за винятком *Fraxinus excelsior* L., *Securinega suffruticosa* (Pall.) Rehd. і *Paulownia tomentosa* (Thunb.) Stend., в яких період вегетації дещо скоротився порівняно із середніми значеннями (табл. 7). Проте у частини видів спостережено тривалішу вегетацію. Найбільші відхилення в бік збільшення тривалості вегетації відзначено в *Euonymus latifolius* (L.) Mill. – 223 доби, *Sorbus latifolia* (Lam.) Pers. і *Tamarix ramosissima* Ledeb. – 228 діб, *Populus simonii* Carr. – 250 діб.

У феногрупі ТВ спостерігалось незначне скорочення тривалості вегетації у рослин *Rosa roxburghii* Tratt. – 202 доби та *Koelreuteria paniculata* Laxm. – 297 діб (табл. 8). Майже у половини рослин цієї групи тривалість періоду вегетації відзначено в межах середніх значень, але у решти рослин відзначено його збільшення. Так, максимальні значення (більше 250 діб) спостережено у *Prunus divaricata* Ledeb., *Laburnum anagyroides* Medic., *Crataegus monogyna* 'Rubroplena', *Euonymus europaeus* L., *Carpinus betulus* L., *Syringa pekinensis* Rupr.

Таблиця 7. Тривалість періоду вегетації у рослин середньої вегетації  
Table 7. Duration of the growing season in plants of medium growing season

| № з.п. | Вид                                          | Феногрупи<br>початку<br>вегетації | Феногрупи<br>завершення<br>вегетації | Тривалість<br>вегетації,<br>діб | Час настання<br>фенофаз |                 |
|--------|----------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|-------------------------|-----------------|
|        |                                              |                                   |                                      |                                 | Пб <sup>1</sup>         | 5Л <sup>3</sup> |
| 1      | 2                                            | 3                                 | 4                                    | 5                               | 6                       | 7               |
| 1      | <i>Fraxinus excelsior</i> L.                 | ППВ                               | РЗВ                                  | 177                             | 29.4                    | 23.10           |
| 2      | <i>Securinega suffruticosa</i> (Pall.) Rehd. | ДППВ                              | СЗВ                                  | 184                             | 24.4                    | 25.10           |
| 3      | <i>Paulownia tomentosa</i> (Thunb.) Stend.   | ДППВ                              | ПЗВ                                  | 185                             | 28.4                    | 30.10           |
| 4      | <i>Amorpha fruticosa</i> L.                  | ППВ                               | СЗВ                                  | 198                             | 19.4                    | 3.11            |

Продовж. табл. 7  
Continuation of Table 7

| 1  | 2                                        | 3    | 4    | 5   | 6    | 7     |
|----|------------------------------------------|------|------|-----|------|-------|
| 5  | <i>Aralia mandshurica</i> Rupr.et Maxim. | СПВ  | РЗВ  | 198 | 10.4 | 25.10 |
| 6  | <i>Maclura pomifera</i> (Raf.) Schneid.  | ППВ  | СЗВ  | 199 | 17.4 | 2.11  |
| 7  | <i>Hibiscus syriacus</i> L.              | ППВ  | СЗВ  | 200 | 24.4 | 10.11 |
| 8  | <i>Juglans regia</i> L.                  | СПВ  | ДРЗВ | 203 | 30.3 | 19.10 |
| 9  | <i>Magnolia tripetala</i> L.             | СПВ  | РЗВ  | 204 | 10.4 | 31.10 |
| 10 | <i>Ptelea trifoliata</i> L.              | ДППВ | ПЗВ  | 204 | 8.5  | 28.11 |
| 11 | <i>Magnolia soulangeana</i> Soul.        | СПВ  | РЗВ  | 206 | 5.4  | 28.10 |
| 12 | <i>Juglans mandshurica</i> Maxim.        | СПВ  | РЗВ  | 207 | 1.4  | 25.10 |
| 13 | <i>Caragana arborescens</i> Lam.         | СПВ  | ДРЗВ | 209 | 25.3 | 20.10 |
| 14 | <i>Magnolia kobus</i> DC.                | СПВ  | РЗВ  | 209 | 2.4  | 28.10 |
| 15 | <i>Magnolia obovata</i> Thunb.           | СПВ  | РЗВ  | 209 | 5.4  | 31.10 |
| 16 | <i>Sorbus intermedia</i> (Ehrh.) Pers.   | СПВ  | РЗВ  | 210 | 21.3 | 17.10 |
| 17 | <i>Rhus typhina</i> L.                   | СПВ  | РЗВ  | 213 | 24.3 | 23.10 |
| 18 | <i>Juglans nigra</i> L.                  | СПВ  | РЗВ  | 214 | 2.4  | 2.11  |
| 19 | <i>Aesculus carnea</i> Hayne.            | СПВ  | ДРЗВ | 218 | 24.3 | 28.10 |
| 20 | <i>Euonymus latifolius</i> (L.) Mill.    | СПВ  | ДРЗВ | 223 | 19.3 | 28.10 |
| 21 | <i>Sorbus latifolia</i> (Lam.) Pers.     | СПВ  | РЗВ  | 228 | 30.3 | 13.11 |
| 22 | <i>Tamarix ramosissima</i> Ledeb.        | ППВ  | СЗВ  | 228 | 25.3 | 8.11  |
| 23 | <i>Populus simonii</i> Carr.             | РПВ  | РЗВ  | 250 | 18.3 | 23.11 |

Таблиця 8. Тривалість періоду вегетації у рослин тривалої вегетації  
Table 8. Duration of the growing season in plants with a long growing season

| №<br>з.п. | Назва виду                                | Феногрупи<br>початку<br>вегетації | Феногрупи<br>завершення<br>вегетації | Тривалість<br>вегетації,<br>днів | Час настання<br>фенофаз |                 |
|-----------|-------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|-------------------------|-----------------|
|           |                                           |                                   |                                      |                                  | ПБ <sup>1</sup>         | 5Л <sup>2</sup> |
| 1         | 2                                         | 3                                 | 4                                    | 5                                | 6                       | 7               |
| 1         | <i>Rosa roxburghii</i> Tratt.             | РПВ                               | РЗВ                                  | 202                              | 30.3                    | 18.10           |
| 2         | <i>Koelreuteria paniculata</i> Laxm.      | РПВ                               | РЗВ                                  | 207                              | 1.4                     | 25.10           |
| 3         | <i>Actinidia chinensis</i> Planch.        | ППВ                               | ПЗВ                                  | 218                              | 14.4                    | 18.11           |
| 4         | <i>Mespilus germanica</i> L.              | СПВ                               | СЗВ                                  | 221                              | 28.3                    | 4.11            |
| 5         | <i>Lonicera edulis</i> Turcz.et Freyn.    | ДРПВ                              | ДРЗВ                                 | 222                              | 22.2                    | 2.10            |
| 6         | <i>Hydrangea arborescens</i> 'Sterilis'   | РПВ                               | ДРЗВ                                 | 223                              | 30.3                    | 8.11            |
| 7         | <i>Acer platanoides</i> L.                | РПВ                               | РЗВ                                  | 224                              | 13.3                    | 23.10           |
| 8         | <i>Liquidambar styraciflua</i> L.         | РПВ                               | ПЗВ                                  | 224                              | 21.3                    | 31.10           |
| 9         | <i>Lonicera caerulea</i> L.               | ДРПВ                              | ДРЗВ                                 | 224                              | 20.2                    | 2.10            |
| 10        | <i>Sorbus aucuparia</i> L.                | ДРПВ                              | РЗВ                                  | 224                              | 20.3                    | 30.10           |
| 11        | <i>Euonymus alatus</i> (Thunb.) Sieb.     | РПВ                               | РЗВ                                  | 226                              | 18.3                    | 30.10           |
| 12        | <i>Aronia melanocarpa</i> (Michx.) Elliot | ДРПВ                              | ДРЗВ                                 | 227                              | 16.3                    | 29.10           |
| 13        | <i>Liriodendron tulipifera</i> L.         | РПВ                               | РЗВ                                  | 227                              | 10.3                    | 23.10           |

Продовж. табл. 8  
Continuation of Table 8

| 1  | 2                                         | 3    | 4   | 5   | 6    | 7     |
|----|-------------------------------------------|------|-----|-----|------|-------|
| 14 | <i>Robinia pseudoacacia</i> L.            | СПВ  | ПЗВ | 228 | 11.4 | 25.11 |
| 15 | <i>Buddleja alternifolia</i> Maxim.       | СПВ  | ПЗВ | 229 | 14.4 | 29.11 |
| 16 | <i>Syringa amurensis</i> Pupr.            | ДРПВ | РЗВ | 229 | 2.3  | 17.10 |
| 17 | <i>Acer ginnala</i> Maxim.                | РПВ  | РЗВ | 232 | 3.3  | 21.10 |
| 18 | <i>Weigela florida</i> (Bge.) A. DC.      | РПВ  | ПЗВ | 236 | 10.4 | 2.12  |
| 19 | <i>Syringa josikaea</i> Jacq.f.           | ДРПВ | РЗВ | 237 | 23.2 | 18.10 |
| 20 | <i>Swida alba</i> (L.) Opiz               | СПВ  | СЗВ | 240 | 22.3 | 17.11 |
| 21 | <i>Swida sanguinea</i> (L.) Opiz          | ППВ  | ПЗВ | 240 | 30.3 | 25.11 |
| 22 | <i>Acer platanoides</i> 'Palmatifidum'    | РПВ  | СЗВ | 241 | 14.3 | 9.11  |
| 23 | <i>Actinidia arguta</i> Planch.           | СПВ  | ПЗВ | 241 | 23.3 | 19.11 |
| 24 | <i>Euonymus verrucosus</i> Scop.          | РПВ  | РЗВ | 242 | 20.3 | 17.11 |
| 25 | <i>Pyrus communis</i> L.                  | РПВ  | РЗВ | 242 | 23.3 | 20.11 |
| 26 | <i>Photinia villosa</i> (Thunb.) DC.      | РПВ  | ПЗВ | 243 | 22.3 | 20.11 |
| 27 | <i>Rhododendron sichotense</i> Pojark     | РПВ  | СЗВ | 244 | 9.3  | 8.11  |
| 28 | <i>Berberis thunbergii</i> 'Atropurpurea' | РПВ  | СЗВ | 245 | 8.3  | 8.11  |
| 29 | <i>Corylus avellana</i> L.                | РПВ  | СЗВ | 245 | 21.3 | 21.11 |
| 30 | <i>Platanus acerifolia</i> Willd.         | СПВ  | СЗВ | 245 | 10.3 | 10.11 |
| 31 | <i>Acer saccharinum</i> L.                | РПВ  | СЗВ | 247 | 10.3 | 12.11 |
| 32 | <i>Acer tataricum</i> L.                  | РПВ  | СЗВ | 250 | 10.3 | 15.11 |
| 33 | <i>Prunus divaricata</i> Ledeb.           | ДРПВ | РЗВ | 252 | 3.3  | 10.11 |
| 34 | <i>Laburnum anagyroides</i> Medic.        | СПВ  | СЗВ | 254 | 29.3 | 8.12  |
| 35 | <i>Crataegus monogyna</i> 'Rubroplena'    | РПВ  | СЗВ | 261 | 18.3 | 4.12  |
| 36 | <i>Euonymus europaeus</i> L.              | ДРПВ | РЗВ | 269 | 10.3 | 4.12  |
| 37 | <i>Carpinus betulus</i> L.                | ДРПВ | РЗВ | 276 | 12.2 | 15.11 |
| 38 | <i>Syringa pekinensis</i> Rupr.           | ДРПВ | РЗВ | 276 | 24.2 | 27.11 |

У бік подовження періоду вегетації спостерігались відхилення і в феногрупі ДТВ (табл. 9). Найкоротшу вегетацію спостережено в *Actinidia kolomikta* (Rupr.) Maxim. (221 доба) та *Forsythia*

*viridissima* Lindl. (227 діб), а найдовшу (більше 290 діб) – у *Ribes alpinum* L., *Rosa multiflora* Thunb., *Spiraea vanhouttei* (Briot) Zab., *Spiraea japonica* L.

Таблиця 9. Тривалість періоду вегетації у рослин дуже тривалої вегетації  
Table 9. Duration of the growing season in plants with a very long growing season

| № з.п. | Назва виду                                | Феногрупи початку вегетації | Феногрупи завершення вегетації | Тривалість вегетації, діб | Час настання фенофаз |                 |
|--------|-------------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|---------------------------|----------------------|-----------------|
|        |                                           |                             |                                |                           | Пб <sup>1</sup>      | 5Л <sup>3</sup> |
| 1      | 2                                         | 3                           | 4                              | 5                         | 6                    | 7               |
| 1      | <i>Actinidia kolomikta</i> (Rupr.) Maxim. | ДРПВ                        | СЗВ                            | 221                       | 26.3                 | 2.11            |
| 2      | <i>Forsythia viridissima</i> Lindl.       | РПВ                         | ПЗВ                            | 227                       | 24.3                 | 6.11            |
| 3      | <i>Berberis vulgaris</i> L.               | РПВ                         | ПЗВ                            | 231                       | 22.3                 | 8.11            |

| 1  | 2                                                      | 3    | 4    | 5   | 6    | 7     |
|----|--------------------------------------------------------|------|------|-----|------|-------|
| 4  | <i>Lonicera xylosteum</i> L.                           | РПВ  | ПЗВ  | 231 | 24.3 | 10.11 |
| 5  | <i>Staphylea pinnata</i> L.                            | ДРПВ | СЗВ  | 233 | 10.3 | 29.10 |
| 6  | <i>Viburnum opulus</i> L.                              | ДРПВ | СЗВ  | 235 | 7.3  | 28.10 |
| 7  | <i>Weigela hybrida</i> Jaeg.                           | РПВ  | ПЗВ  | 236 | 29.3 | 2.12  |
| 8  | <i>Deutzia parviflora</i> Bunge                        | ДРПВ | РЗВ  | 242 | 18.2 | 18.10 |
| 9  | <i>Philadelphus coronarius</i> 'Plena'                 | ДРПВ | СЗВ  | 242 | 27.3 | 24.11 |
| 10 | <i>Acer pseudoplatanus</i> 'Purpureum'                 | РПВ  | ПЗВ  | 243 | 10.3 | 8.11  |
| 11 | <i>Berberis thunbergii</i> DC.                         | РПВ  | СЗВ  | 244 | 8.3  | 7.11  |
| 12 | <i>Crataegus monogyna</i> Jacq.                        | ДРПВ | СЗВ  | 244 | 10.3 | 9.11  |
| 13 | <i>Chaenomeles japonica</i> (Thunb.)                   | ДРПВ | СЗВ  | 245 | 3.3  | 3.11  |
| 14 | <i>Rosa glauca</i> Pourr.                              | ДРПВ | СЗВ  | 245 | 18.3 | 18.11 |
| 15 | <i>Schizandra chinensis</i> (Turch.) Baill.            | ДРПВ | РЗВ  | 246 | 16.2 | 20.10 |
| 16 | <i>Corylus colurna</i> L.                              | ДРПВ | СЗВ  | 247 | 20.3 | 22.11 |
| 17 | <i>Kerria japonica</i> (L.) DC.                        | ДРПВ | ДПЗВ | 248 | 12.3 | 15.11 |
| 18 | <i>Salix caprea</i> L.                                 | ДРПВ | ПЗВ  | 248 | 20.3 | 23.11 |
| 19 | <i>Cotinus coggygria</i> Scop.                         | ДРПВ | ПЗВ  | 249 | 18.3 | 22.11 |
| 20 | <i>Viburnum opulus</i> 'Roseum'                        | ДРПВ | СЗВ  | 249 | 18.3 | 22.11 |
| 21 | <i>Kerria japonica</i> 'Pleniflora'                    | ДРПВ | ДПЗВ | 250 | 10.3 | 15.11 |
| 22 | <i>Weigela praecox</i> (lemoine) Bailey                | ДРПВ | СЗВ  | 251 | 12.3 | 18.11 |
| 23 | <i>Cotoneaster niger</i> (Thunb.) Fries.               | ДРПВ | СЗВ  | 252 | 21.2 | 31.10 |
| 24 | <i>Betula pendula</i> Roth                             | ДРПВ | СЗВ  | 253 | 4.3  | 12.11 |
| 25 | <i>Rosa rugosa</i> Thunb.                              | ДРПВ | ПЗВ  | 253 | 10.3 | 18.11 |
| 26 | <i>Cerasus serrulata</i> 'Plena'                       | РПВ  | СЗВ  | 255 | 8.3  | 18.11 |
| 27 | <i>Acer platanoides</i> 'Globosum'                     | РПВ  | ПЗВ  | 256 | 8.3  | 19.11 |
| 28 | <i>Rosa canina</i> L.                                  | ДРПВ | СЗВ  | 256 | 18.3 | 29.11 |
| 29 | <i>Ulmus glabra</i> Huds.                              | ДРПВ | СЗВ  | 257 | 7.3  | 19.11 |
| 30 | <i>Philadelphus coronarius</i> L.                      | РПВ  | СЗВ  | 258 | 7.3  | 20.11 |
| 31 | <i>Cydonia oblonga</i> Mill.                           | ДРПВ | ПЗВ  | 260 | 9.3  | 24.11 |
| 32 | <i>Deutzia scabra</i> 'Candidissima'                   | ДРПВ | ДПЗВ | 263 | 12.3 | 30.11 |
| 33 | <i>Physocarpus opulifolia</i> (L.) Maxim.              | ДРПВ | СЗВ  | 263 | 2.3  | 20.11 |
| 34 | <i>Elaeagnus multiflora</i> Thunb.                     | РПВ  | СЗВ  | 264 | 10.3 | 29.11 |
| 35 | <i>Deutzia scabra</i> 'Plena'                          | ДРПВ | ДПЗВ | 266 | 9.3  | 30.11 |
| 36 | <i>Ribes sanguineum</i> Pursh                          | ДРПВ | СЗВ  | 266 | 7.3  | 28.11 |
| 37 | <i>Philadelphus coronarius</i> 'Aurea'                 | ДРПВ | СЗВ  | 267 | 2.3  | 24.11 |
| 38 | <i>Syringa vulgaris</i> L.                             | ДРПВ | СЗВ  | 269 | 4.3  | 28.11 |
| 39 | <i>Cotoneaster horizontalis</i> Dcne.                  | ДРПВ | ПЗВ  | 270 | 17.2 | 14.11 |
| 40 | <i>Exochorda grandiflora</i> (Hook.)<br>C. K. Schneid. | ДРПВ | ДРЗВ | 274 | 26.2 | 27.11 |
| 41 | <i>Rhodotypus kerrioides</i> Sieb.et Zucc.             | ДРПВ | ДПЗВ | 275 | 6.3  | 6.12  |

Продовж. табл. 9  
Continuation of Table 9

| 1  | 2                                        | 3    | 4    | 5   | 6    | 7     |
|----|------------------------------------------|------|------|-----|------|-------|
| 42 | <i>Symphoricarpos orbiculatus</i> Moench | РПВ  | ДПЗВ | 277 | 28.3 | 30.12 |
| 43 | <i>Symphoricarpos albus</i> (L.) Blake   | ДРПВ | ДПЗВ | 278 | 27.3 | 30.12 |
| 44 | <i>Salix alba</i> 'Pendula'              | ДРПВ | ДПЗВ | 282 | 24.2 | 3.12  |
| 45 | <i>Ribes alpinum</i> L.                  | ДРПВ | ДПЗВ | 294 | 28.2 | 19.12 |
| 46 | <i>Rosa multiflora</i> Thunb.            | ДРПВ | ПЗВ  | 302 | 28.2 | 27.12 |
| 47 | <i>Spiraea vanhouttei</i> (Briot) Zab.   | ДРПВ | ДПЗВ | 304 | 2.2  | 3.12  |
| 48 | <i>Spiraea japonica</i> L.               | ДРПВ | ДПЗВ | 318 | 19.1 | 3.12  |

Отже, тривалість вегетації дерев і кущів у 2023 р. була в межах норми у більшості рослин феногруп короткого та середнього періоду вегетації. Проте спостережено значне збільшення тривалості вегетації у більшості рослин феногруп тривалого і дуже тривалого періоду вегетації.

Наведений аналіз має практичне значення для ефективного використання різних видів деревних рослин в озелененні міського середовища в умовах західного регіону України з урахуванням стійкості дерев і кущів до кліматичних змін.

**Дискусія (Discussion).** Результати досліджень засвідчили, що кліматичні зміни виявляють суттєвий вплив на ріст і розвиток рослин. Ранній початок теплого періоду зумовлює раннє відновлення вегетації рослин, що визначає ризик їх пошкодження пізніми весняними приморозками. Небезпека негативного впливу останніх досить висока, оскільки на час їх настання (в основному – у травні) рослини вже добре розвинені і вразливі до низьких температур. Вегетаційний період (із середньою добовою температурою повітря 5°C і вище) починається на 2-6 днів раніше і закінчується на 2-6 днів пізніше. Впродовж останнього десятиріччя тривалість вегетаційного періоду збільшилась у середньому на 4-13 днів. Такі зміни вказують на перехід до різко континентального типу клімату зі значними перепадами температур у зимоволітній період. Ці кліматичні зміни можуть негативно впливати на розповсюдження рослин, їхню здатність адаптуватись та розвиватись у певному регіоні (Глобальні наслідки інтродукції..., 2021). Важливо враховувати, що процес адаптації рослин до зміни клімату може бути повільним, а кліматичні зміни можуть бути дуже швидкими і раптовими (Барабаш та ін., 2007).

За результатами досліджень, у західному регіоні України рослини із коротким вегетаційним періодом практично всі зимостійкі, тому що вони відносно рано починають ріст і швидше його завершують, характеризуючись найсприятливішим типом сезонного розвитку. Рослини із раннім початком та коротким періодом росту є найстійкішими до низьких температур. Проте зимові відлиги, які є дово-

лі частими в регіоні досліджень, негативно впливають на ритми розвитку рослин. Деревя і кущі, які пізно починають і пізно завершують вегетацію, характеризуються меншою зимостійкістю, в окремі роки можуть обмерзати, тому їх доцільно вводити в міське озеленення дуже обережно.

Вибір інтродукованих рослин для озеленення залежить від кліматичних умов і місцевих особливостей. Урахування цих факторів допомагає зберегти видовий склад та забезпечує витривалість рослин у новому середовищі. Тому матеріали фенологічних спостережень, відомості щодо термінів і тривалості цвітіння, дозрівання і збору плодів та насіння в останні роки активно використовують для інтродукції та акліматизації рослин у ботанічних садах (Кендзьора, 2019). Практичний досвід ботанічних установ показує, що в озелененні можна використовувати значну кількість видів аборигенних та інтродукованих дерев і кущів залежно від екологічних вимог; можна підібрати рослини, які відповідають певним умовам середовища та природним процесам (Роль ботанічних садів і дендропарків..., 2013).

Важливо також урахувати, що вегетація рослин залежить не лише від погодно-кліматичних умов того чи іншого регіону, але й від географічного походження видів, тобто значною мірою має спадкову природу. Механізми адаптації рослин включають зміну фенологічного циклу, розширення або зміну їхнього ареалу, взаємодію з консортивними видами, комахами-запилювачами, мікроорганізмами. Поряд з індивідуальними особливостями рослин, значну роль відіграють мікроумови середовища: краще прогрівання ґрунту навесні, добрі умови освітлення влітку, багатство ґрунту та добрі умови зволоження дають змогу рослинам краще адаптуватися до нових умов.

Використання в озелененні різних екологічних груп деревних рослин має низку переваг. Культивування адаптованих рослин до умов довкілля дає змогу знизити витрати на обслуговування та утримання зелених насаджень завдяки тому, що такі рослини не вимагають значних зусиль для свого вирощування, виявляють менші вимоги щодо по-

ливу чи додаткового догляду. Основна ідея полягає в тому, щоб вибрати рослини, які найкраще пристосовані до місцевих кліматичних умов та ґрунтових особливостей. Загалом, використання інтродукованих рослин в озелененні може бути успішним за умови проектування, належного управління і дотримання рекомендацій інженерів-садівників та екологів.

Отже, використання у процесі озеленення резистентних до температурних змін екологічних груп рослин сприятиме створенню стійких екосистем, збереженню біологічного різноманіття та забезпечить сприятливі умови для життя біоти. Водночас деревно-чагарникова рослинність також буде виконувати значну кліматорегулювальну та оздоровчу функції у довкіллі (Lukianchuk, Tretyak, 2024).

**Висновки (Conclusions).** Сезонна фенологічна ритміка рослин залежить від погодно-кліматичних умов регіону, а серед комплексу метеорологічних факторів домінуючими є температура повітря та кількість опадів. За результатами фенологічних спостережень за деревами і кущами у колекції Ботанічного саду НЛТУ України впродовж 2014-2023 рр. можна вважати, що майже половина видів належить до феногрупи дуже раннього початку вегетації. Найменшу кількість рослин у феногрупах віднесено до пізнього та дуже пізнього початку вегетації.

Погодні умови у 2023 р. характеризувались м'якою зимою з переважно додатніми середньодобовими значеннями температури повітря, що стало причиною надто ранньої вегетації частини рослин – ще в січні та на початку лютого. Різкі коливання середньодобових температур і часті приморозки у весняний період спричинили затримку початку вегетації більшості деревних видів. Жаркий літньо-осінній період зі значною кількістю опадів став причиною того, що завершення вегетації деревних рослин у 2023 р. відбувалось із запізненням і впродовж тривалого періоду часу. Все це вплинуло на збільшення тривалості вегетації більшості рослин і, ймовірно, знизило їхню морозостійкість. Внаслідок аномально теплих зимових місяців, зі значним випередженням почали вегетацію рослини феногруп дуже раннього та раннього початку вегетації. Різкі зниження середньодобових температур і часті весняні приморозки спричинили затримку початку вегетації більшості деревних видів.

## Список літератури (References)

Барабаш, М.Б., Гребенюк, Н.П., Татарчук, О.Г. (2007). Особливості зміни ресурсів тепла та вологи в Україні при сучасному потеплінні клімату. *Наукові праці УкрНДГМІ*, 256, 174-186. [Barabash, M.B., Grebenyuk, N.P., & Tatarchuk, O.G. (2007). Peculiarities of changes in heat and moisture resources in Ukraine during modern climate warming,

*Scientific works of URIFFM*, 256, 174-186. Retrieved from: <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/51531>] (in Ukrainian)

Білик, Я.Я., Гринюк, Ю.Г. (2010). Фенологічні спостереження на об'єктах природно-заповідного фонду як складова моніторингу кліматичних змін. *Природно-заповідний фонд України – минуле, сьогодення, майбутнє: матеріали Міжнарод. наук.-практ. конф.*, 26-28 травня 2010 р. Тернопіль: Підручники і посібники, 237-241. [Bilyk, Y.Ya., & Hrynyuk, Y.G. (2010) Phenological observations at the objects of the nature reserve fund as a component of climate change monitoring. In *Nature reserve fund of Ukraine – past, present, future: proceedings of International Scientific and practical Conference*, 237-241. May 26-28. Ternopil: Textbooks and manuals] (in Ukrainian)

Блюсюк, Н.Л., Коляда, Л.Б. (2016). Результати інвентаризації деревно-чагарникових рослин на території дендропарку Ботанічного саду НЛТУ України. *Ліс, наука, молодь: матеріали IV Всеукраїнської наук.-практ. конф. студентів, магістрів, аспірантів і молодих вчених, присвяченої 15-річчю факультету лісового господарства*, 23 листопада 2016 року. Житомир, 284-285. [Blyusyuk, N.L., & Kolyada, L.B. (2016). The results of the inventory of tree and shrub plants on the territory of the Arboretum of the Botanical Garden of the National Technical University of Ukraine. In *Forest, science, youth: materials of the IV All-Ukrainian scientific and practical conference of students, masters, postgraduates and young scientists*, 284-285. Zhytomyr: theses of reports] (in Ukrainian)

Брадїс, Є.М., Андрієнко, Т.Л. (1977). *Геоботанічне районування Української РСР*. Київ: Наукова думка [Bradys, E.M., & Andrienko, T.L. *Geobotanical zoning of the Ukrainian SSR*. Kyiv: Scientific opinion] (in Ukrainian)

Букша, І.Ф., Швиденко, А.З., Бондарук, М.А., Целіщев, О.Г., Пивовар, Т.С., Букша, М.І., ... Кравковська, С.В. (2017). Методологія моделювання та оцінювання впливу зміни клімату на лісові фітоценози України. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Лісівництво та декоративне садівництво*, 266, 26-38. [Buksha, I.F. Shvidenko, A.Z., Bondaruk, M.A., Tselishchev, O.G., Pyvovar, T.S., Buksha, M.I., ... Krakowska, S.V. (2017). Methodology of modeling and assessment of the impact of climate change on forest phytocenoses of Ukraine. *Scientific Bulletin of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*, 266, 26-38] (in Ukrainian)

*Глобальні наслідки інтродукції рослин в умовах кліматичних змін* (2021). Матеріали Міжнарод. наук. конф., присвяченої 30-річчю Незалежності України. Київ: Видавництво Ліра-К. [Global consequences of the introduction of plants in the conditions of climate change: (2021). Materials of the International Scientific Conference dedicated to the

- 30th anniversary of the Independence of Ukraine. Kyiv: Publishing House Lira-K] (in Ukrainian)
- Глухов, О.З., Костирко, Д.Р., Горлачова, З.С. (1998). Рідкісні овочеві рослини та перспективи їх використання на Південному Сході України. *НАН України, Донецький ботанічний сад*. Донецьк: Мультипрес, 66-68. [Glukhov, O.Z., Kostyrko, D.R., & Horlachova, Z.S. (1998). Rare vegetable plants and prospects for their use in the South-East of Ukraine. In *NAS of Ukraine, Botanical garden of Donetsk*, 66-68. Donetsk: Multipress] (in Ukrainian)
- Дендрофлора України. Дикорослі й культивовані дерева і кущі. (2002). НАН України, Нац. ботан. сад ім. М.М. Гришка; за ред. М.А. Кохна. Київ: Фітосоціоцентр. [*Dendroflora of Ukraine. Wild and cultivated trees and bushes* (2002). NAS of Ukraine, National garden named after M.M. Hryshko; in M.A. Kohno (Ed.). Kyiv: Phytosocial Center] (in Ukrainian)
- Державний кадастр територій та об'єктів природно-заповідного фонду України (2021). Київ: Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України [*State cadastre of territories and objects of the nature reserve fund of Ukraine* (2021). Kyiv: Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine. Retrieved from [https://data.gov.ua/dataset/mepr\\_05/resource/ba204283-62c2-461e-87f8-4639ac5e203e](https://data.gov.ua/dataset/mepr_05/resource/ba204283-62c2-461e-87f8-4639ac5e203e)] (in Ukrainian)
- Дідух, Я. (2009). Екологічні аспекти глобальних змін клімату: причини, наслідки, дії. *Вісник Національної академії наук України*, 2, 34-44. [Didukh, Ya. (2009). Ecological aspects of global climate changes: causes, consequences, actions. *Bulletin of the National Academy of Sciences of Ukraine*, 2, 34-44. Retrieved from [http://nbuv.gov.ua/UJRN/vnanu\\_2009\\_2\\_12](http://nbuv.gov.ua/UJRN/vnanu_2009_2_12)] (in Ukrainian)
- Єремеев, В.М. (2003). Регіональні аспекти глобальної зміни клімату. *Вісник НАН України*, 2, 24-28. [Yeremeev, V.M. (2003). Regional aspects of global climate change. *Bulletin of the National Academy of Sciences of Ukraine*, 2, 24-28. Retrieved from <https://visnyk-nanu.org.ua/ojs/index.php/v/article/view/4215>] (in Ukrainian)
- Іванюта, С.П., Коломієць, О.О., Малиновська, О.А., Якушенко, Л.М. (2020). Зміна клімату: наслідки та заходи адаптації. Аналітична доповідь. Київ: НІСД [Ivanyuta, S.P., Kolomiets, O.O., Malinovska, O.A., & Yakushenko, L.M. (2020). *Climate change: consequences and measures of adaptation: analytical report*. Kyiv: NISD. Retrieved from [https://niss.gov.ua/sites/default/files/2020-10/dop-climate-final-5\\_sait.pdf](https://niss.gov.ua/sites/default/files/2020-10/dop-climate-final-5_sait.pdf)] (in Ukrainian)
- Канарський, Ю.В. (2016). Кліматичні зміни в регіоні Українських Карпат на початку XXI століття та їх вплив на біотичне різноманіття. *Наукові основи збереження біотичної різноманітності*, 7(14), №1, 15-36. [Kanarskyi, Y.V. (2016). Climatic changes in the Ukrainian Carpathian region at the beginning of the XXI century and their impact on biotic diversity. *Scientific bases of conservation of biotic diversity*, 7(14), No. 1, 15-36. Retrieved from <https://ecoinst.org.ua/pdf/zberezhennia-bioriznomanittia-monographia-2022.pdf>] (in Ukrainian)
- Кендзьора, Н.З. (2021). Кліматичні зміни та їх вплив на ритми росту і розвитку деревних рослин в урбогенних умовах. *Екологістика. Теорія і практика управління сміттєзвалищами*. Wydawnictwo SGSP, 213-228. [Kendzora, N. (2021). Climatic changes and their influence on the rhythms of growth and development of woody plants in urbogenic conditions. *Ecology. Theory and practice of landfill management*. Wydawnictwo SGSP, 213-228] (in Ukrainian)
- Кендзьора, Н.З. (2019). Особливості сезонної феноритміки рослин під впливом метеофакторів 2014-2018 років. *Сучасний стан і перспективи розвитку ландшафтно-архітектури, садово-паркового господарства, урбоекології та фітомеліорації*: матеріали Міжнарод. наук.-практ. конф., м. Львів, 4-5 квітня 2019 р. Львів: НЛТУ України, 126-128. [Kendzora, N. (2019). Peculiarities of seasonal phenorhythmics of plants under the influence of weather factors in 2014-2018. In *The current state and prospects of the development of landscape architecture, horticulture, urban ecology and phytoremediation*, 126-128. Lviv, April 4-5. Lviv: Ukrainian National Forestry University] (in Ukrainian)
- Кендзьора, Н.З., Мельник, Ю.А., Івченко, А.І., Мельник, А.С. (2013). Особливості феноритміки вегетації деревно-чагарникових рослин дендропарку Ботанічного саду НЛТУ України. *Науковий вісник НЛТУ України*, 23(2), 60-68. [Kendzora, N., Melnyk, Yu., Ivchenko, A., & Melnyk, A. (2013). Peculiarities of the phenorhythmic vegetation of tree-shrub plants of the Arboretum of the Botanical Garden of the Ukrainian National Forestry University. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 23(2), 60-68. Retrieved from [https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2013/23\\_2/index.htm](https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2013/23_2/index.htm)] (in Ukrainian)
- Клімат Львова (1998). За ред. Бабіченко, В.М., Зузук, Ф.В. Луцьк [The climate of Lviv (1998). Eds. Babichenko, V., Zuzuk, F. Lutsk] (in Ukrainian)
- Ковальчук, Т.Д. (2020). Зимостійкість видів роду *Rhus* L. в умовах Правобережного Лісостепу України. *Автохтонні та інтродуковані рослини*, 11, 90-99. [Kovalchuk, T. (2020). Winter hardiness of *Rhus* L. species in the conditions of the Right Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Journal of Native and Alien Plant Studies*, 11, 90-99. <https://doi.org/10.37555/11.2015.190873>] (in Ukrainian)
- Колісниченко, О.М. (2004) *Сезонні біоритми та зимостійкість деревних рослин*. Київ: Фітосоціоцентр. [Kolishnichenko, O. (2004). *Seasonal biorhythms and winter hardiness of woody plants*. Kyiv: Phytosocial Center] (in Ukrainian)
- Лук'янчук, Н.Г. (2019). Екологічна роль зелених насаджень Львова в адаптації до глобальних змін клімату. *Сучасний стан і перспективи розвитку ландшафтно-архітектури, садово-паркового господарства, урбоекології та фітомеліорації*: матеріали Міжнарод. наук.-практ. конф. м. Львів,

- 4-5 квітня 2019 р. Львів: НЛТУ України, 267-269. [Lukianchuk, N.H. (2019). The ecological role of Lviv's green spaces in adaptation to global climate change. In *Current state and prospects for the development of landscape architecture, horticulture, urban ecology and phytoremediation: proceedings of the International Scientific and practical Conference*, 267-269. Lviv, April 4-5. Lviv: Ukrainian National Forestry University] (in Ukrainian)
- Львівська область: природні умови та ресурси. (2018). Львів: Видавництво Старого Лева. [Lviv Region: *Natural Conditions and Resources*. (2018). Lviv: The Old Lion Publishing House. Retrieved from [https://geography.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2020/09/Roslynnyu-pokryv\\_Lvivs-ka-oblast-2018.pdf](https://geography.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2020/09/Roslynnyu-pokryv_Lvivs-ka-oblast-2018.pdf)] (in Ukrainian)
- Машталер, О.В., Луценко, А.І., Мікуліч, Л.О. (2021). Дослідження біоекологічних характеристик та фенологічних особливостей деяких сортів виду *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench в умовах Вінницької області. *Біологія та екологія*, 7(2), 91-97. [Mashtaler, O., Lutsenko, A., & Mikulich, L. (2021). Study of bioecological characteristics and phenological features of certain varieties of *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench in conditions in the Vinnytsia region. *Biology and ecology*, 7(2), 91-97. <https://doi.org/10.33989/2021.7.2.261557>] (in Ukrainian)
- Методика державного випробування сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Загальна частина (2016). Офіційний бюлетень. Державна служба з охорони прав на сорти рослин. Київ: Алефа. [Methodology of state testing of plant varieties for suitability for distribution in Ukraine (2016). General part. Official bulletin. State Service for the Protection of Rights to Plant Varieties. Kyiv: Alefa. Retrieved from <https://sops.gov.ua/uploads/page/5a5f413bb9be6.pdf>] (in Ukrainian)
- Роль ботанічних садів і дендропарків у збереженні та збагаченні біологічного різноманіття урбанізованих територій (2013): матеріали Міжнародної наукової конференції (Київ, 28-31 травня). Київ: НЦЕБМ НАН України, ПАТ «Віпол» [The role of botanical gardens and arboreturns in preserving and enriching the biological diversity of urban areas (2013). *Proceedings of the international scientific conference*, (Kyiv, May 28-31. Kyiv: NCSEBM of the National Academy of Sciences of Ukraine, PJSC "Vipol"] (in Ukrainian)
- Степаненко, С.М., Польовий, А.М., Школьній, Є.П. (2011). Оцінка впливу кліматичних змін на галузі економіки України. Одеса: Одеський державний екологічний університет. [Stepanenko, S., Poloviy, A., & Shkolniy, E. (2011). *Assessment of the impact of climate change on the branches of the economy of Ukraine*. Odesa: State Ecological University of Odesa] (in Ukrainian)
- Телегуз, О. (2012). Вплив сучасного потепління на агрокліматичний потенціал агроєкосистем Львівської області. *Раціональне природокористування і охорона природи. Наукові записки*, 1, 232-238. [Teleguz, O. (2012). Impact of modern warming on the agroclimatic potential of agroecosystems of the Lviv Region. *Rational nature management and nature conservation. Scientific Notes*, 1, 232-238. Retrieved from [http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis\\_nbuv/cgiirbis\\_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP\\_meta&C21COM=S&2\\_S21P03=FILA=&2\\_S21STR=NZTNPUg\\_2012\\_1\\_40](http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_meta&C21COM=S&2_S21P03=FILA=&2_S21STR=NZTNPUg_2012_1_40)] (in Ukrainian)
- Фекета, І.Ю. (2011). Фенопостереження як складова частина моніторингу кліматичних змін. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету*, 1(29), 22-25. [Feketa, I. (2011). Pheno-observation as a component of climate change monitoring. *Scientific Notes of the Ternopil National Pedagogical University*, 1(29), 22-25. Retrieved from <https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/handle/lib/1241>] (in Ukrainian)
- Badeck, F.W., Bondeau, A., Böttcher, K., Doktor, D., Lucht, W., Schaber, J., & Sitch, S. (2004): Responses of spring phenology to climate change. *New phytologist*, 162, 295-309. Retrieved from <https://nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1469-8137.2004.01059.x>
- Bertin, R.I. (2008). Plant phenology and distribution in relation to recent climate change. *The Journal of the Torrey Botanical Society*, 135, 126-146. Retrieved from <https://www.jstor.org/stable/pdf/20063966.pdf>
- Chmielewski, F.M., & Rötzer, T. (2001): Response of tree phenology to climate change across Europe. *Agricultural and Forest Meteorology*, 108, 101-112. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168192301002337>
- Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pirani, A., Connors, S.L., Péan, C., Berger, S., Caud, N., Chen, Y., Goldfarb, L., Gomis, M.I., Huang, M., Leitzell, K., Lonnoy, E., Matthews, J.B.R., Maycock, T.K., Waterfield, T., Yelekci, O., Yu, R. and Zhou, B. (eds)]. Cambridge University Press. In Press.
- Lukianchuk, N., & Tretyak, P. (2024). Environmental Forming Health Improving Effect of Tree and Shrub Vegetation as a Sanogenic Factor on Air: View on the Problem. *Lviv Clinical Bulletin*, 1(45), 43-48. <https://doi.org/10.25040/lkv2024.01.043>
- Meteorologists are concerned about the dangerous trend growth droughts in Ukraine*. (2015). Retrieved from [www.ukrinform.ua/rubric-presshall/1912344-vpliv-zmin-klimatu-na-vodozabezpechennya-vodospojivannya-i-prodovolchu-bezpeku-zala-1.html](http://www.ukrinform.ua/rubric-presshall/1912344-vpliv-zmin-klimatu-na-vodozabezpechennya-vodospojivannya-i-prodovolchu-bezpeku-zala-1.html)
- Polgar, C.A., & Primack, R.B. (2011). Leaf out phenology of temperate woody plants: from trees to ecosystems. *New phytologist*, 191, 926-941. Retrieved from <https://nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1469-8137.2011.03803.x>
- Richardson, A.D., Keenan, T.F., Migliavacca, M., Ryu, Y., Sonnentag, O., & Toomey, M. (2013). Climate

change, phenology, and phenological control of vegetation feedbacks to the climate system. *Agricultural and Forest Meteorology*, 169, 156-173. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168192312002869>

Shevchenko, O., Lee, H., Snizhko, S., & Mayer, H. (2014). Long term analysis of heat waves in Ukraine. *International Journal of Climatology*, 34(5), 1642-1650. <https://doi.org/10.1002/joc.3792>

Wilson, L., New, S., Daron, J., & Golding, N. (2021). *Climate Change Impacts for Ukraine*. Met Office. Retrieved from [https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/07/2\\_Vplyv-zminy-klimatu-v-Ukrayini.pdf](https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/07/2_Vplyv-zminy-klimatu-v-Ukrayini.pdf)

### **Analysis of the impact of climate change on the woody plants vegetation in the Botanical Garden of the Ukrainian National Forestry University**

N. Lukianchuk<sup>1</sup>, L. Bliusiuk<sup>2</sup>, N. Bliusiuk<sup>3</sup>,  
N. Kendzora<sup>4</sup>, L. Koliada<sup>5</sup>

Climatic changes have a significant impact on the growth and development of ornamental plants in the urban environment, the climatic conditions of the territory have a great impact on the ecological state of plants and determine their ability to adapt and develop in a certain region. When assessing the adaptive capacity of plants, the introduction of phenological observations has found wide application, providing a more in-depth study of the biological characteristics and ecological properties of plant organisms. The

purpose of our paper was to study the influence of weather and climate changes on the timing of the phenophase of the growing season of ornamental woody plants. To analyze climate changes, average monthly quantitative indicators of air temperature and precipitation were calculated using archive data from the Lviv airport meteorological station.

The conducted analysis of the dynamics of atmospheric air temperature and the amount of precipitation in Lviv in the period from 2010 to 2023 showed a tendency towards increased droughts, an increase in the number and duration of hot periods. The process of plant metabolism is closely related, first of all, to the temperature factor, and the weather conditions in 2023 were characterized by a mild winter with predominantly positive average daily air temperature values, which caused the growing season of some plants to begin too early – as early as January and early February. Sharp fluctuations in average daily temperatures and frequent frosts in the spring period caused a delay in the beginning of the growing season of most woody plants. The hot summer-autumn period with a significant amount of precipitation was the cause of the fact that the completion of the growing season of woody plants in 2023 occurred with a delay and with a significant range. All this caused an increase in the duration of the growing season for most plants and, in all likelihood, reduced the frost hardiness of these plant species.

In general, phenological observations according to the accepted methods were carried out on 111 trees and shrubs of the Botanical Garden of the UNFU during the 2014-2023 period.

In particular, during the 2022-2023 period, the peculiarities of the influence of climatic factors on the beginning and the end of the growing season of woody plants and the duration of the growing season of woody plants were investigated. Studies have been conducted of the influence of weather and climatic factors in Lviv region on changes in the phenorhythms of the growing season of tree and shrub species. It was found that plants of phenogroups of very early and early onset of growing season began their growing season by far early due to abnormally warm winter months. Sharp drops in average daily temperatures and frequent spring frosts delayed the beginning of the growing season of other woody plants. The completion of the growing season of woody plants in all phenogroups occurred with a significant delay. The analysis carried out is of practical importance for the introduction and effective use of introduced species of woody plants in landscaping to create biogroups that are resistant to changes in climatic conditions. The materials of the conducted pheno-observations can be used for the introduction and acclimatization of plants in different regions of Ukraine.

**Key words:** climate; temperature dynamics; growing season; phenogroups of plants.

<sup>1</sup> *Nelia Lukianchuk* – Corresponding Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor at the Department of Ecology. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. E-mail: [Lukyanchuk@nltu.edu.ua](mailto:Lukyanchuk@nltu.edu.ua) ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2354-2446>

<sup>2</sup> *Levko Bliusiuk* – Master of Ecology, Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. E-mail: [levkob11999@gmail.com](mailto:levkob11999@gmail.com)

<sup>3</sup> *Nadia Bliusiuk* – PhD in Agricultural Sciences, Head of the Department of Forestry and botanical research of the Botanical Garden of National significance of Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: (032) 237-88-20, (032) 258-42-81. E-mail: [nadiabl1967@gmail.com](mailto:nadiabl1967@gmail.com)

<sup>4</sup> *Nataliia Kendzora* – PhD in Agricultural Sciences, Director of the Botanical Garden of National significance of the Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: (032) 237-88-20, (032) 258-42-81. E-mail: [nataly\\_kend@ukr.net](mailto:nataly_kend@ukr.net) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0603-7811>

<sup>5</sup> *Liliia Koliada* – engineer of the Department of Forestry and botanical Research of the Botanical garden of national significance of the Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: (032) 237-88-20, (032) 258-42-81. E-mail: [botsad@ukr.net](mailto:botsad@ukr.net)

## 2. ЛІСОЗНАВСТВО, ЛІСІВНИЦТВО ТА МИСЛИВСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО



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

<http://fasu.nltu.edu.ua>  
<https://doi.org/10.15421/412411>  
Article received 2024.05.09  
Article accepted 2024.10.18

ISSN 1991-606X print  
ISSN 2616-5015 online  
@ ✉ Correspondence author  
Iryna Koval  
[Koval\\_Iryna@ukr.net](mailto:Koval_Iryna@ukr.net)

86 Hryhoriy Skovoroda st., Kharkiv, 61024, Ukraine

UDC 630\*561.24: 551.583.4

### Dendrochronological studies in beech stands of the Skolivski Beskydy National Nature Park

I. M. Koval<sup>1</sup>, N. V. Maksymenko<sup>2</sup>, I. M. Shpakivska<sup>3</sup>

*The object of the study is the primary European beech forest in the Skolivski Beskydy National Nature Park. The subject of the study is the response of the radial increment of *Fagus sylvatica* L., to climate change. The paper aims to establish the relationships between the radial increment of beech and climatic factors in order to reveal the sensitivity of beech stands to climate change.*

*Standard dendrochronological methods were applied. The response of the radial increment of beech was compared for two periods: 1974-1996 and 1978-2019. In the second period, the increase in temperature compared to the first period, occurred at different rates: in autumn – by 14%, in summer – by 9%, in winter – by 29%, during the calendar year – by 14%. However, against the background of a slight increase in average annual precipitation (by 2%), there were some changes in the precipitation regime in the second period compared to the first one: the precipitation increased by 6% in winter, by 11% in spring, and by 2% in autumn. In summer, on the contrary, precipitation decreased by 3%. Correlations between tree-ring chronologies of *Fagus sylvatica* L., temperatures, precipitation, and hydrothermal indicators (Selyaninov, de Martonne, Forest aridity index) showed that a decrease in the precipitation and an increase in evaporation due to a rise in air temperature in the second period made beech stands more vulnerable to the moisture regime. This is confirmed by significant correlation coefficients between radial increment and their increase in the second period. However, European beech has adapted to climate change at this stage. This is evidenced by tree-ring chronologies of early, late, and one-year-old wood, which did not show a significant decrease in the trend of the tree radial increment.*

**Key words:** the reaction of the radial increment to climate change; temperature; precipitation; hydrothermal coefficients of de Martonne, Selyaninov,  $O_1$  and  $O_3$ ; forest aridity index.

<sup>1</sup> Iryna M. Koval – Full Member of Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Doctor habil. (Agricultural Sciences), Senior Researcher, the G. M. Vysotsky Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration, 86 Hryhoriy Skovoroda st., Kharkiv, 61024, Ukraine. E-mail: [Koval\\_Iryna@ukr.net](mailto:Koval_Iryna@ukr.net) ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6328-1418>

<sup>2</sup> Nadiya V. Maksymenko – Doctor habil. (Geographical Sciences), professor, head of the Department of Environmental Monitoring and Protected Areas Management, Karazin Institute of Environmental Sciences, the V. N. Karazin Kharkiv National University, 6, Svobody st., Kharkiv, 61022, Ukraine. E-mail: [nadezdav08@gmail.com](mailto:nadezdav08@gmail.com) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7921-9990>

<sup>3</sup> Iryna M. Shpakivska – PhD in Biological Sciences, Senior Researcher, head of the Department of Ecosystemology, the Carpathian Ecology Institute of the National Academy of Sciences of Ukraine, 4, Kozelnytska st., Lviv-26, 79026, Ukraine. E-mail: [ishpakivska@ukr.net](mailto:ishpakivska@ukr.net) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5152-6083>

**Introduction.** European beech, or common beech (*Fagus sylvatica* L.) is dominant in Europe. It grows in pure and mixed stands with conifers, whose distribution is limited mainly to the territory of the Alps and the Carpathians (Walentowski et al., 2017; Adamic et al., 2023). The main area of beech stands in Ukraine (40 % of the total area of the region [Олійник, 2008]) is concentrated in the Carpathians at an altitude of 250-1,400 m above sea level. European beech is an important species to highlight the impact of environmental constraints on European forest ecosystems as it is sensitive to climate fluctuations. Current climate change adversely affects its growth vigor due to its sensitivity to soil moisture deficits (Roibu et al., 2017) and exposure to prolonged periods of drought (Fotelli et al., 2001). The *Skolivski Beskydy* National Nature Park (NNP) was created in 1999 based on the Skoliv Forest Reserve of national significance, as well as part of the territory of the Zelemin Landscape Reserve and the Maidan Landscape Reserve, the Dubynske, Sopit, and Zhuravlyna protected tracts (Дейнека, Мілкіна, Приндак, 2006). Primeval forests have been preserved in the protected zone of the park at absolute heights of 700-1,200 m above sea level. (Король та ін., 2022).

From the Industrial Revolution to the present, the global Earth temperature has increased by 0.8°C. Mountain regions are characterized by a slightly lower increase in average annual air temperature: 0.7°C in the Ukrainian Carpathians (Адаптація до зміни клімату, 2015). Since 1970, global surface temperatures have increased faster than in any other period (Team, Lee, & Romero, 2023). The ecological consequences of climate change manifest themselves differently in individual regions depending on their geographical location, the specifics of climatic and soil conditions, the biological features of plants, their coenotic relationships, and the direction of successional processes (Стойко, 2011). The rate of climate change may outpace the ability of many biological species to adapt to the transformed conditions of the natural environment, which may affect their species composition and condition. Climate change over the past decades has significantly impacted the forest vegetation conditions of the Ukrainian Carpathians, changes in the composition of woody vegetation have resulted in some shifting of the boundaries of forest vegetation belts, which has led to a decrease in the biotic stability of certain tree species. At the same time, the area occupied by spruce decreased, while the area under beech and fir forests, on the contrary, increased (Шпарик, Криницький, Дебринюк, 2020). V.I. Komendar (Комендар, 1957), K.A. Malinovsky (Малиновський, 1980), and S.M. Stoyko (Стойко, 2009) believed that the meandering belts of spruce-beech forests are shifting upwards. It is necessary to assess the vulnerability of beech forests to the effects of climate change and their ability to adapt to such impacts. For studying the problem of adaptation of beech forests to climate change, natural forests protected in the network of the nature reserve fund are the most suitable.

The tree radial increment is a complex indicator of the condition of trees during their ontogenesis and allows revealing the reaction of stands to changes in climatic factors (Cook & Kairiukstis, 1990). The study of the layers of early, late, and one-year-old beech wood will be useful for decision-making in the field of natural resource use and environmental protection activities, and is also a direct indicator of the state of stands and their stemwood productivity (Приходько та ін., 2022). Dendroclimatic studies are based on the fundamental axiom that tree growth is a response to specific climatic conditions (Schweingruber, 1996).

Many works deal with the study of the radial increment of common beech in the Carpathian forests (Троцюк та ін., 2013; Roibu et al., 2017; Шишканинець, Мазепа, 2018; Lavnyy, Mazepa, & Shyshkanynets, 2020; Приходько та ін., 2022). An increase in the vulnerability of trees to stress factors can be expressed in an increase in the significant impact of temperature and precipitation on the radial increment of trees (Коваль, 2023). Studying the dynamics of the radial increment of beech stands under Climate Change is important for assessing their condition and productivity. Changes in temperature and precipitation (Diaz, Bradley, & Eischeid, 1989) and the speed of these changes are among the most important factors in climate change (Gavrilov et al., 2019). Complex analysis of temperature and precipitation resembles better their combined effects on tree growth. Parameters representing a mathematical coefficient/ratio of the precipitation (or air humidity values) and temperature are known as drought indices. Hence, such indices are important not only as indicators of plant growth but can also be considered important indicators of climate change (Arora, 2002).

**Objects and methods.** The object of the study is the primary forest of common beech (*Fagus sylvatica* L.) in the *Skolivski Beskydy* National Nature Park (NPP). The subject of the study is the reaction of the radial increment of common beech to climate change. The aim of the article is to find the relationships between the radial increment of beech and climatic factors to reveal the sensitivity of beech stands to climate change.

According to physical and geographical zoning, the park is located within the Verkhnyodnistrovsky and Skolivskyi Beskydy districts, occupying the northern macroslopes of the latter with absolute heights ranging from 600 to 1,200 m. The climate of the park is mild, moderately warm and humid. Winters are with frequent thaws at temperatures from 0 to +5 °C. The duration of the growing season is 180 days. The average temperature in January is -4.5– -6 °C, in July it is +15.6-18.0 °C with a maximum of +30 °C and a minimum of -31 °C. 800-1,100 mm of precipitation falls here per year. The average depth of the snow cover is 39 cm. The soil cover is dominated by brown mountain forest very gravelly soils. On the territory of the park, the remains of natural highly productive and biologically stable stands have been preserved –

age-old pure beech forests of natural origin, which largely reflect the diversity of the Beskydy forest cover (Національний природний парк..., 2024).

To better understand how the radial increment of high-altitude beech forest responded to climate change, we collected 11 cores in the beech stand of the Skolivski Beskydy NPP at an altitude of 800 m above sea level (Fig. 1).



Fig. 1. Site of collection of common beech wood cores in the “Skolivski Beskydy” NNP

Generally accepted dendrochronological methods were used (Битвиньскас, 1974; Cook & Kairiukstis, 1990; Schweingruber, 1996). The tree cores were packed in paper containers and labeled, that is, the samples were prepared for transportation to the laboratory. The next step was to measure the earlywood and latewood layers of the trees using HENSON equipment. Dating was carried out to establish the calendar date of the formation of each annual ring. Standardization, i.e. elimination of the age (biological trend) was calculated using a three-year sliding scale (Битвиньскас, 1974). Pointer years were selected and the difference between temperatures and precipitation was analyzed for the periods of 1974–1996 and 1997–2019. A pointer year is considered to be a year in which the radial increment of trees is 40 % less for most of the sampled trees than in the previous four years (Jetschke, Maaten, & Maaten-Theunissen, 2019).

Then a correlation analysis (Атраментова, Утевська, 2007) was conducted between the indices of early, late, and one-year-old wood and climatic fac-

tors (temperature, precipitation, and hydrothermal coefficients) for the same periods from June of the previous year to August of the current year.

A well-known aridity parameter is the De Martonne aridity index (DM). This index can be calculated for different time scales such as months, seasons, and years. The DM index is used worldwide to determine the dry/humid climate conditions of a region or regions (Baltas, 2007; Croitoru et al., 2013; Gavrilov et al., 2019). The annual and monthly values of the aridity index DM, IaDM and ImDM, can be calculated by equations 1 and 2, respectively:

$$IaDM = \frac{Pa}{Ta} + C' \quad (1)$$

$$ImDM = \frac{Pm}{Tm} + C' \quad (2)$$

where  $Pa$  and  $Pm$  are the annual and monthly precipitation,  $Ta$  and  $Tm$  are the average yearly and monthly air temperatures, and  $C' = 10^\circ\text{C}$  is the De Martonne constant.

De Martonne's classification of climate dryness is given in Table 1 with 7 types of climate dryness. Humidity increases with increasing values  $IaDM$  and  $ImDM$ . Using formulas 1 and 2, the de Martonne index series were created for the calendar year and the April–September period.

Table 1. Classification of de Martonne aridity index

| Types of Climate | $IaDM$ value        |
|------------------|---------------------|
| Arid             | $IaDM < 10$         |
| Semi-arid        | $10 \leq IaDM < 20$ |
| Mediterranean    | $20 \leq IaDM < 24$ |
| Semi-humid       | $24 \leq IaDM < 28$ |
| Humid            | $28 \leq IaDM < 35$ |
| Very humid       | $35 \leq IaDM < 55$ |
| Extremely humid  | $IaDM \geq 55$      |

Forestry Aridity Index (FAI) is defined as (Führer et al., 2011):

$$FAI = Cg \times T_{VII-VIII} / (P_{V-VII} + P_{VII-VIII}), \quad (3)$$

where  $T_{VII-VIII}$  is the average temperature in July and August in  $^\circ\text{C}$ ,  $P_{V-VII}$  is the sum of precipitation from May to July and  $P_{VII-VIII}$  is the precipitation for July–August, in mm and  $Cg$  is  $100 \text{ mm}/^\circ\text{C}$  is a constant. By introducing a constant  $Cg$  with dimension (Alley, 1984),  $FAI$  lost its dimension and became a “true” index, i.e., a dimensionless number. FAI can be a perfect tool to represent climatic conditions during annual forest growth, which is especially important for those involved in forestry and agriculture (Gavrilov et al., 2019).

In contrast to the De Martonne aridity index, humidity increases with decreasing FAI value and vice versa.

**Table 2. Meteorological features of forest climatic categories (Führer, Horvath, Jagodics, Machon, & Szabados, 2011)**

| Values FAI             | Forest climatic categories         |
|------------------------|------------------------------------|
| $FAI < 4.75$           | Beech climate                      |
| $4.75 \leq FAI < 6.00$ | Hornbeam-oak climate               |
| $6.00 \leq FAI < 7.25$ | The sessile oak/Turkey oak climate |
| $FAI > 7.25$           | Forest-steppe climate              |

Using equation (3), we supplemented the database with FAI time series for the Lviv weather station.

The G.T. Selyaninov Hydrothermal Index (HTI) is the sum of precipitation during the period when the average daily air temperature is above +10°C divided by the sum of active temperatures during the same period when the temperature exceeded +10°C, reduced by a factor of 10. It is calculated according to the formula:

$$HTI = R / 0.1 \sum T, \quad (4)$$

where  $R$  is the amount of precipitation during the period with a temperature above 10°C;

$\sum T > 10^\circ\text{C}$  – the sum of active temperatures above 10°C.

This indicator has an advantage over others and characterizes the profitable part of the water balance (precipitation) and the unproductive moisture consumption (evaporation from the soil surface, and vegetation). HTI is a reliable indicator of humidity in areas characterized by a uniform type of annual

precipitation. In addition, it is objective and works in a fairly wide range of combinations of temperature and precipitation (Свириденко, Бабіч, Киричок, 2004).

To characterize environmental conditions, we also used complex climatic indicator – the ratio of air temperature and precipitation for the hydrological year, which begins in October of the previous year and ends in September of the current year (Битвинскас, 1974):

$$O_1 = t_o 100 / V_o, \quad (5)$$

where  $O_1$  is the hydrothermal coefficient;  $t_o$  is the temperature for a hydrological year (°C),  $V_o$  is the amount of precipitation (mm) for the same period.

As a norm (WMO Guidelines on the Calculation of Climate Normals, 2017) we took the average width of early, late, and one-year-old wood and the average temperature and sum precipitation for 1960-2019.

**Results.** When comparing temperatures and precipitation for the periods 1974-1996 and 1997-2019, it was found that in the second period compared to the first one, the average annual temperature increased almost by 1.2 °C (14.4 %), in autumn – by 1.06°C (14.3 %), and in summer – by 1.7 (9.4 %). Temperatures rose most noticeably in winter and spring – by 0.7 °C (29 %) and 1.25 °C (14.3 %), respectively. In the second period, precipitation increased by 11.7 mm, i.e. by 1.5 %. These changes according to the seasons of the year proved to be uneven. In the 1997-2019 period, compared to the 1974-1996 period, the amount of precipitation increased in winter by 9.3 mm (6.4 %), in spring by 21.7 mm (11.3 %), and in autumn by 4.1 mm (2.4 %). In summer, on the contrary, precipitation decreased by 8.7 mm (3.2 %) during this period (Fig. 2).

The pointer years of minimum (1964, 1972, 1977, 1982, 1990, 1998, 2008, 2014, 2018) and maximum tree increment (1973, 1976, 1989, 1999, 2009) were identified (Fig. 3).

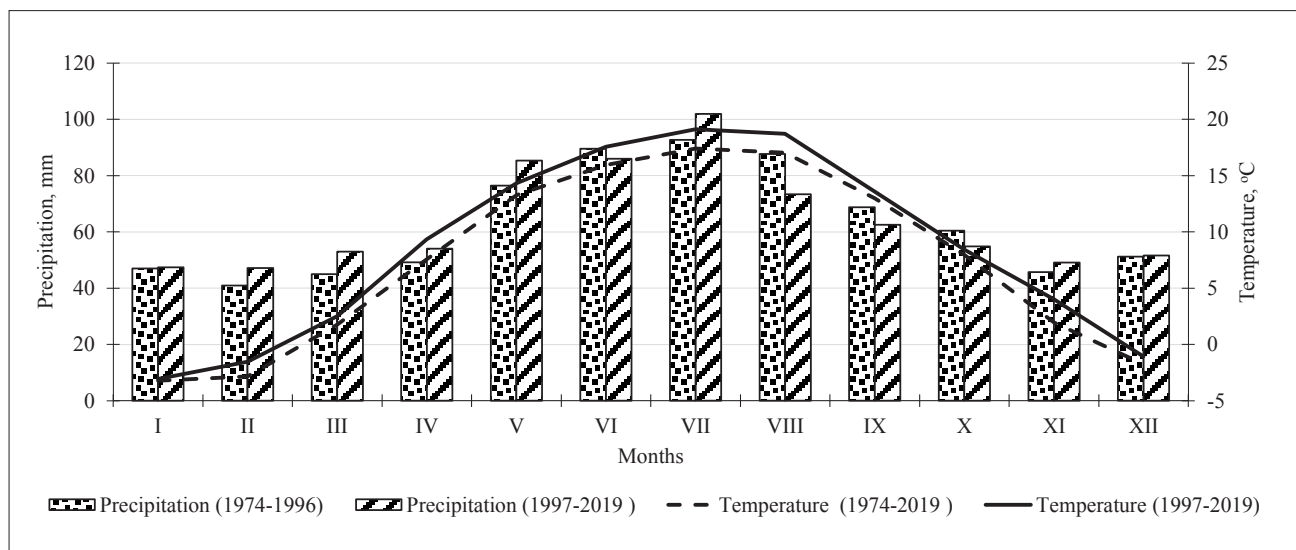


Fig. 2. Climatogram according to the data of the Lviv weather station

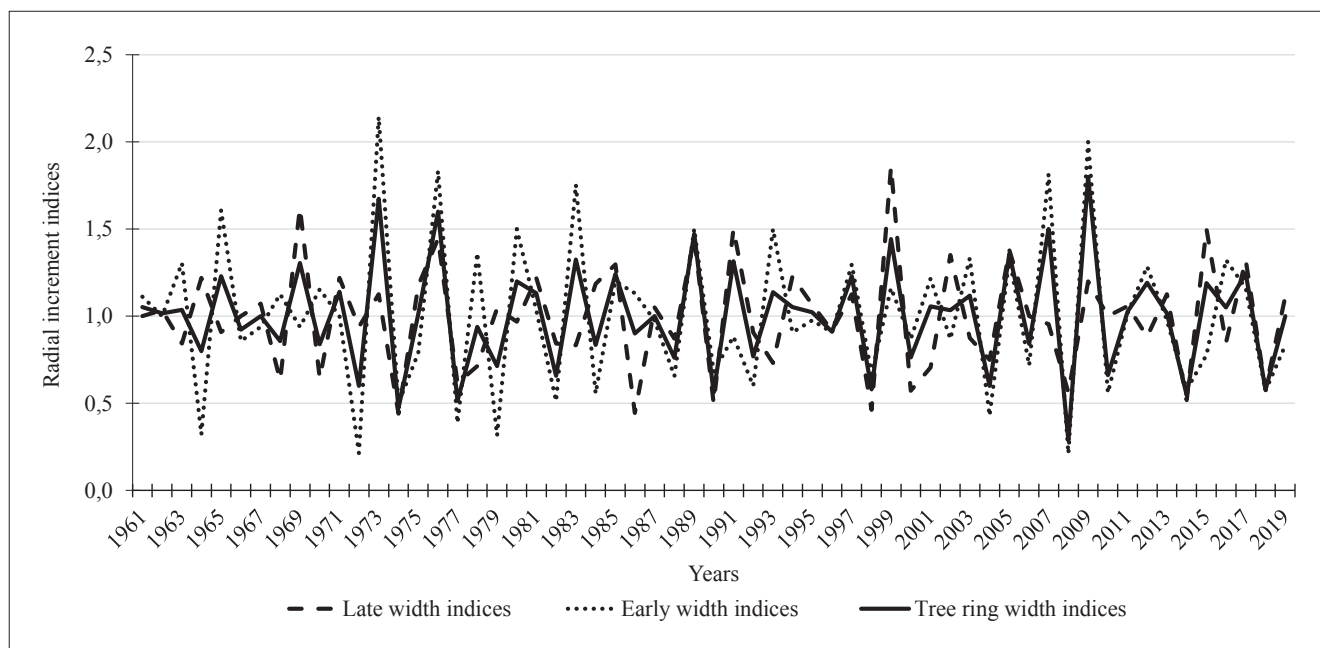


Fig. 3. Dynamics of late width indices, early width indices and tree ring width indices

Pointer years of minimal growth are characterized by high temperatures during the growing season (the temperature deviation from the norm during April – August was 14-15 %) and abnormally warm or extremely cold winters (the average temperature deviation for the period from December of the previous year to February of the current year was from 40 up to 107%). Precipitation limited the radial increment of beech to a lesser extent. However, in 1986 growth depression was caused by a lack of precipitation during the growing season and in winter when it affects moisture accumulation in the soil (36 mm, or 35 % below normal). In the years of maximum tree growth, an optimal heat/humidity ratio was evaluated.

Pointer years of minimal growth are characterized by high temperatures during the growing season (the temperature deviation from the norm during April-August was 14-15 %) and abnormally warm or extremely cold winters (the average temperature deviation for the period from December of the previous year to February of the current year was from 40 up to 107 %). Precipitation limited the radial increment of beech to a lesser extent, but in 1986, growth depression was caused by a lack of the precipitation during the growing season and in winter, when precipitation affects moisture accumulation in the soil (the deviation from the norm was 36 mm, which was 35%). The years of maximum tree growth were characterized by an optimal ratio of heat and humidity.

In the 1974-1996 period, the temperatures of the previous year and the April temperatures of the current year mainly had a positive effect on the radial increment of the European beech, in the 1997-2019 period, this effect either weakened or became negative. In the first period, the temperatures of May-

August were mainly detrimental to growth, except for July temperatures, but in the second period, this effect became mostly positive. The negative impact of the temperatures of the cold period (from November of the previous year to March of the current year) somewhat weakened in the second period. For the first period, a significant positive influence of temperatures in August of the previous year ( $R=0.45\pm0.20$ ,  $t_{0.05}=2.31$ ) and April of the current year ( $R=0.43\pm0.20$ ,  $t_{0.05}=2.18$ ) was observed only for early wood (Fig. 4).

Correlation analysis between indices of radial increment and precipitation shows that in the periods of 1974-1996 and 1997-2019, precipitation in June-August of the previous year had a positive effect on the radial increment of beech. In the first period, a significant positive impact of July precipitation on latewood was found ( $R=0.47\pm0.22$ ,  $t_{0.05}=2.50$ ), in the second period, a significant positive effect of precipitation in the previous year on latewood was also found but this influence moved a month earlier – to June ( $R=0.42\pm0.18$ ,  $t_{0.05}=2.22$ ). The impact of precipitation from November of the previous year to March of the current year slightly weakened in the second period. Both periods are characterized by a negative effect of precipitation on growth in the summer months. A significant negative impact of August precipitation on annual wood in the first period was confirmed ( $R=-0.49\pm0.23$ ,  $t_{0.05}=-2.62$ ). In the second period, precipitation began to limit growth a month earlier – significant negative correlations between July precipitation and late and early wood were calculated ( $R=0.53\pm0.17$ ,  $t_{0.05}=-2.99$  and  $R=0.42\pm0.17$ ,  $t_{0.05}=-2.21$ ) (Fig. 5).

Correlation analysis was carried out between indices of early, late, and one-year-old wood, and G. T. Se-lyaninov HTI in the 1974-1996 period was 1.8, and in

the 1997-2019 period it decreased to 1.6. Correlations between indices of radial increment and HTI showed that a decrease in precipitation and an increase in evaporation in the second period led to the fact that beech stands became more vulnerable to the moisture regime, as evidenced by significant negative correlations between late and one-year-old wood indices in the second period. For the calendar year, no significant relationships were found between the de Martonne index and the early, late, and one-year-old wood indices. However, for the period 1997-2019, negative average relationships were calculated for late and early wood. The forest aridity index showed an increase in the vulnerability of beech forests to the ratio of temperature and moisture in the second period (Table 3).

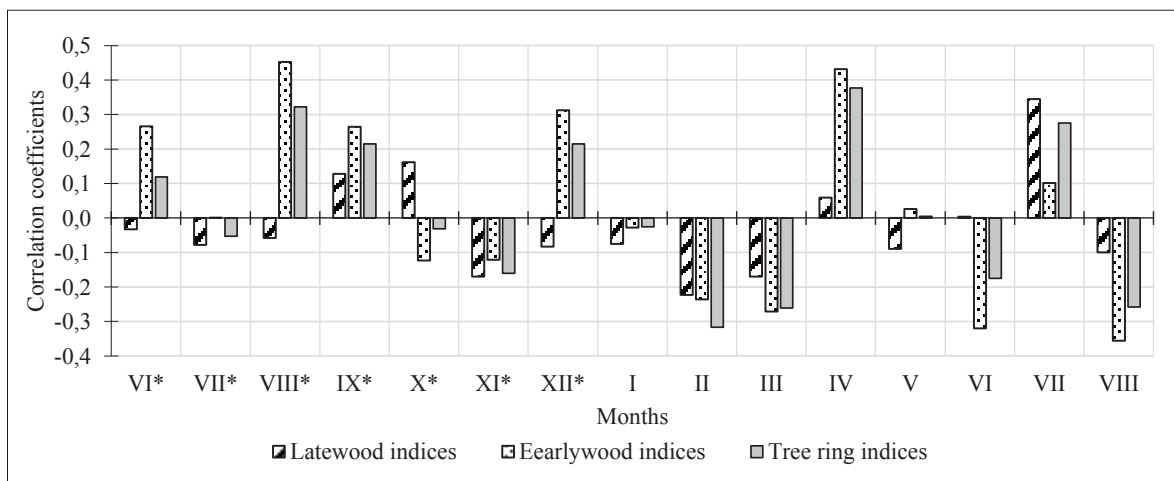
Hydrothermal indices  $O_1$  and  $O_3$  according to Bitvinskis (Битвинскас, 1974) showed insignificant correlations between the tree ring index series and these indices for both periods. Correlation analysis between indices of late, early, and annual wood showed that the research area belongs to the forest climate category – beech climate (see Table 2). In the second period, positive average relationships were found between the indexes of late and one-year-old wood, on the one hand, and the index of forest aridity, on the other hand.

**Table 3. Correlation coefficients between indices of tree rings, early and late wood, and hydrothermal coefficients**

| Types of wood | Hydrothermal coefficients                                   |               |
|---------------|-------------------------------------------------------------|---------------|
|               | G. T. Selyaninov HTI                                        |               |
|               | 1974-1996                                                   | 1997-2019     |
| Latewood      | -0.33                                                       | <b>-0.42*</b> |
| Earlywood     | -0.25                                                       | 0.00          |
| Tree ring     | -0.41                                                       | -0.35         |
|               |                                                             | <b>-0.45*</b> |
|               | Hydrothermal coefficient of de Martonne for April–September |               |
| Latewood      | -0.33                                                       | <b>-0.43*</b> |
| Earlywood     | -0.27                                                       | -0.37         |
| Tree ring     | <b>-0.42*</b>                                               | <b>-0.46*</b> |
|               | Forestry Aridity Index                                      |               |
| Latewood      | 0.21                                                        | <b>0.62*</b>  |
| Earlywood     | 0.13                                                        | 0.29          |
| Tree ring     | 0.22                                                        | <b>0.47*</b>  |

Note: \* – significance at the 0.05 level

a) 1974-1996



b) 1997-2019

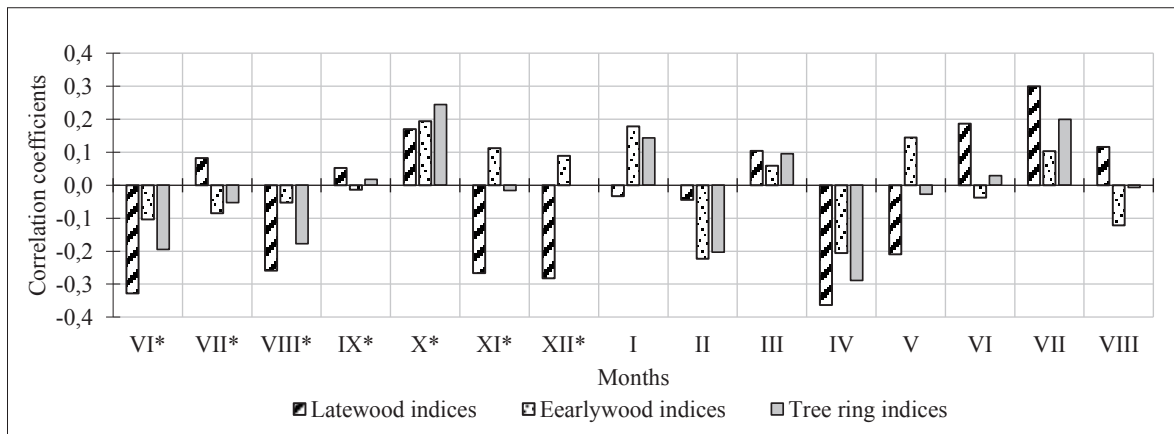
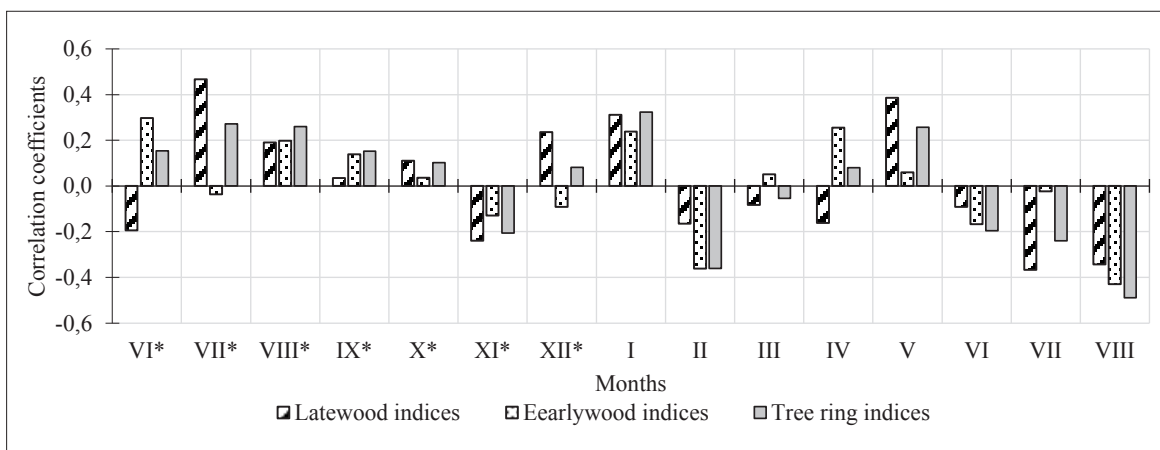


Fig. 4. Correlation coefficients between indices of early, late and one-year-old beech wood and temperatures for the periods of 1974-1996 and 1997-2019. Note: \* – months of the previous year.

a) 1974-1996



b) 1997-2019

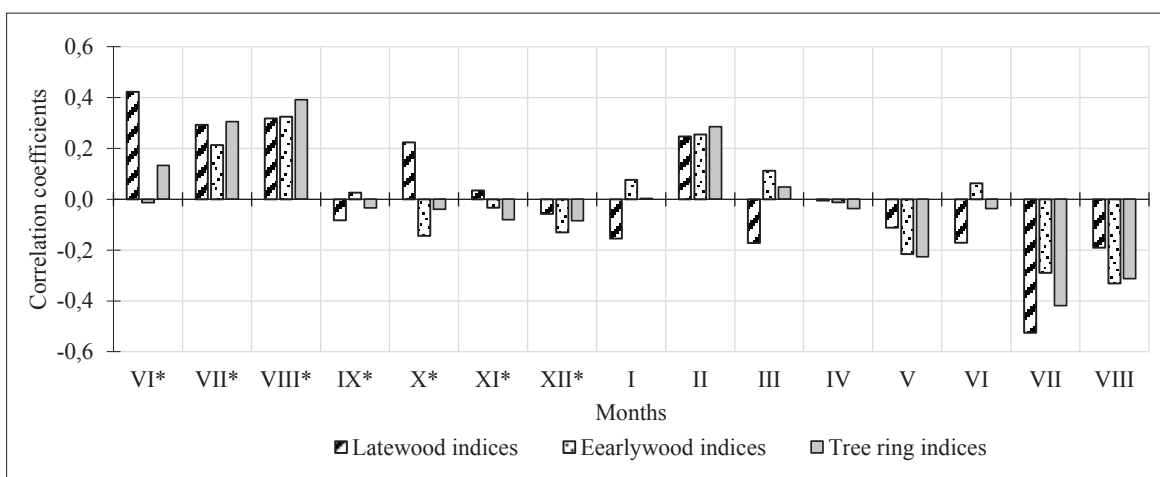


Fig. 5. Correlation analysis between indices of early, late and one-year-old beech wood and precipitation for the periods of 1974-1996 and 1997-2019. Note: \* – months of the previous year.

**Discussion.** In pure middle-aged beech stands of the Ukrainian Carpathians, which grow in optimal conditions for beech, for the period 1992-2013, high correlations of the radial increment of trees with a complex of climatic indicators during the growing season (precipitation, temperature and air humidity, and moisture deficit) were found. In middle-aged beech stands, the radial increment is most significantly affected by air humidity and temperature, while moisture deficit and precipitation are insignificant (Шушканинець, Мазепа, 2018).

Our research established for the 1974-1996 period a significant positive effect of temperatures in August of the previous year and April of the current year on the formation of layers of early wood. No significant correlation coefficients between temperatures and growth indices were found for the 1997-2019 period. In the first period, a significant positive effect of July precipitation on latewood was found, in the second period, June temperatures of the previous year significantly affected *correlation coefficients* for latewood. A significant negative impact of August precipitation on one-year-old wood in the first period of August was confirmed. In the second period, precipitation began to limit growth a month earlier compared to the first period – in July.

Use of hydrothermal coefficients for dendroclimatic analysis showed that the sensitivity of late and one-year-old wood increased in the 1987-2019 period compared to the 1974-1986 period, as evidenced by significant correlation coefficients for late and one-year-old wood in the second period. It is important to consider the effect of changes in the ratio of heat and moisture on tree growth. In the second period, the increase in temperature compared to the first period occurred at a different rate: in autumn – by 14 %, in summer – by 9 %, in winter by 29 %, during the calendar year – by 14 %. At the same time, against the background of a slight increase in the average annual precipitation (by 1.5 %), there were some changes in the precipitation regime (the amount of the precipitation increased in winter by 6 %, in spring months by 11 %, in autumn by 2 %. However, in summer, on the contrary – precipitation decreased by 3 %).

Dendroclimatic studies of common beech in Romania found that the radial increment of trees was mainly limited by summer temperatures, the amount of precipitation in April-May, and droughts in April-June (Roibu et al., 2017).

An international group of researchers from Slovenia, the Czech Republic, and Romania found that in the Carpathians beech has better radial increment

with more precipitation in July and slower growth with higher average and maximum temperatures in June of the current year. Beech also shows a negative correlation between radial increment and temperature in summer. Despite the diversity of beech populations, the future survival of beech and other temperate tree species is uncertain because the rate, uniformity and intensity of climate change vary from place to place. Beech populations at the border of the species' range have great adaptive potential, and their stability contributes to the stability of forests. Above-average rainfall in June and July had a positive impact on annual rings (Adamič et al., 2023).

A study of old-growth European beech forests in Italy found that the drought of the previous summer was the main factor limiting their growth (Piovesan et al., 2005). Our studies showed that in the years 1974-1996, temperatures and precipitation from June-October of the previous year mainly had a positive effect on radial increment of trees, but in the following years 1997-2019, not only the positive influence of temperatures on growth decreased, but also the dependence of growth on summer precipitation increased. In northern Serbia, it was found that significant positive temperature trends were not sufficient to cause any trends in annual ring width indices of common oak (*Quercus robur*) trees. The response of the annual wood indices of Scots oak changed only in response to the precipitation trend, which remained constant during the study period, and not in response to the temperature trend. That is, it turned out that climate change in response to the increase in temperature did not significantly affect forest vegetation in the study areas (Gavrilov et al., 2019).

The effects of drought on the radial increment of beech have been reported in various regions of Europe. However, the studies have not confirmed any significant response of European beech to climatic variations in the Carpathian region, which has shown high plasticity (Dittmar, Zech, & Elling, 2003).

Based on an extensive network of European dendrochronological series of beech, it was possible to build an ecological-geographical model of ring width variability in Italy (Piovesan et al., 2005). Dendroecological studies reveal the importance of tree-ring networks in defining bioclimatic zones and forest types (Dittmar, Zech, & Elling, 2003; Piovesan et al., 2005).

*F. sylvatica* appears to require increased temperature to be compensated by a significant increase in summer precipitation to maintain viability. Our results (2017) are consistent with those of Mette et al. (2013) who concluded that *F. sylvatica* growth is not currently critically limited by drought in this region.

**Conclusions.** 1. In the 1997-2019 period, the increase in temperature, compared to the 1974-1996 period, occurred at different rates: in autumn – by 14 %, in summer – by 9 %, in winter by 29 %, during the calendar year – by 14 %. At the same time, against the background of a slight increase in average annual precipitation (by 1.5 %), there were some changes in

the precipitation regime (the amount of precipitation increased in winter – by 6 %, in spring months – by 11 %, in autumn – by 2 %. But in summer, on the contrary – there was a decrease in precipitation by 3 %).

2. Correlations between tree-ring chronologies of *Fagus sylvatica* L., temperatures, precipitation, and hydrothermal indices (G. T. Selyaninov HTI, de Martonne, forest aridity index) showed that the decrease in the precipitation and increase in evaporation due to air temperature in the second period led to the fact that the beech stands became more vulnerable to the moisture regime. However, European beech was able to adapt to climate change at this stage. This is evidenced by tree-ring chronologies of early, late and one-year-old wood, which did not show a significant decrease in the trend of the tree radial increment.

## References

- Adamič, P. C., Levanič, T., Hanzu, M., Čater, M. (2023). Growth Response of European Beech (*Fagus sylvatica* L.) and Silver Fir (*Abies alba* Mill.) to Climate Factors along the Carpathian Massive. *Forests*, 14(7), 1318. <https://doi.org/10.3390/f14071318>
- Alley, W. J. (1984). The Palmer Drought Severity Index: Limitations and Assumptions. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 23(7), 1100-1109. [https://doi.org/10.1175/1520-0450\(1984\)023<1100:TPDSIL>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0450(1984)023<1100:TPDSIL>2.0.CO;2)
- Arora, V. K. (2002). The use of the aridity index to assess climate change effect on annual runoff. *Journal of Hydrology*, 265, 164-177. Retrieved from [https://imedeia.uib-csic.es/master/cambioglobal/Modulo\\_II\\_cod101604/Modulo\\_2\\_03/Puigdefabregas/Arora.pdf](https://imedeia.uib-csic.es/master/cambioglobal/Modulo_II_cod101604/Modulo_2_03/Puigdefabregas/Arora.pdf)
- Baltas, E. (2007). Spatial distribution of climatic indices in northern Greece. *Meteorological applications*, 14, 69-78. <https://doi.org/10.1002/met.7>
- Cook, E. R., & Kairiukstis, L. A. (1990). *Methods of Dendrochronology. Applications in the Environmental Sciences*. Dordrecht: Kluwer International Institute for Applied Systems Analysis. Academic Publishers. <http://dx.doi.org/10.1007/978-94-015-7879-0>
- Croitoru, A. E., Piticar, A., Imbroane, A. M., & Burada, D. C. (2013). Spatiotemporal distribution of aridity indices based on temperature and precipitation in the extra-Carpathian regions of Romania. *Theoretical and Applied Climatology*, 112, 597-607. <https://doi.org/10.1007/s00704-012-0755-2>
- Diaz, H. F., Bradley, R., & Eischeid, J. K. (1989). Precipitation fluctuation over global land areas since the late 1800s. *Journal of Geophysical Research*, 94, 1195-1210. Retrieved from <http://www.geo.umass.edu/faculty/bradley/diaz1989.pdf>
- Dittmar, C., Zech, W., & Elling, W. (2003). Growth variations of Common beech (*Fagus sylvatica* L.) under different climatic and environmental conditions in Europe – a dendroecological study. *Forest Ecology and Management*, 173(1-3), 1-3. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(01\)00816-7](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(01)00816-7)

- Fotelli, N.M., Geßler, A., Peuke, A.D., & Rennenberg, H. (2001). Drought affects the competitive interaction between *Fagus sylvatica* seedlings and an early successional species, *Rubus fruticosus*: responses of growth, water status and  $\delta^{13}\text{C}$  composition. *New Phytologist*, 151(2), 427-435. <https://doi.org/10.1046/j.1469-8137.2001.00186.x>
- Führer, E., Horvath, L., Jagodics, A., Machon, A., & Szabados, I. (2011). Application of new aridity index in Hungarian forestry practice. *Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service*, 115(3), 205-216. Retrieved from: <https://www.met.hu/downloads.php?fn=/metadmin/newspaper/2012/04/115-3-5-fuhrer.pdf>
- Gavrilov, M.B., An, W., Xu, C., Radaković, M.G., Hao, Q., Yang, F., Guo, Z., Perić, Z., Gavrilov, G., & Marković, S.B. (2019). Independent Aridity and Drought Pieces of Evidence Based on Meteorological Data and Tree Ring Data in Southeast Banat, Vojvodina, Serbia. *Atmosphere*, 10(10), 586. <https://doi.org/10.3390/atmos10100586>
- Jetschke, G., Maaten, E., & Maaten-Theunissen, M. (2019). Towards the extremes: A critical analysis of pointer year detection methods. *Dendrochronologia*, 53, 55-62. <https://doi.org/10.1016/j.dendro.2018.11.004>
- Lavnyy, V., Mazepa, V.G., & Shyshkanynets, I.F. (2020). Radial Increment of Beech (*Fagus Sylvatica* L.) in the Ukrainian Carpathians. *Forestry ideas*, 26(2), 394-403. Retrieved from: [https://forestry-ideas.info/issues/issues\\_Download.php?download=375](https://forestry-ideas.info/issues/issues_Download.php?download=375)
- Mette, T., Dolos, K., Meinardus, C., Bräuning, A., Reineking, B., Blaschke, M., ... Wellstein, C. (2013). Climatic turning point for beech and oak under climate change in Central Europe. *Ecosphere*, 4(12), 1-19. <https://doi.org/10.1890/ES13-00115.1>
- Piovesan, G., Biondi, F., Bernabei, M., Filippo, A., & Schirone, B. (2005). Spatial and altitudinal bioclimatic zones of the Italian peninsula identified from a beech (*Fagus sylvatica* L.) tree-ring network. *Acta Oecologica*, 27(3), 197-210. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2005.01.001>
- Roibu, C., Popa, I., Kirchhefer, Jo., Kirchhefer, A. Jo., & Palaghianu, C. (2017). Growth responses to climate in a tree-ring network of European beech (*Fagus sylvatica* L.) from the eastern limit of its natural distribution area. *Dendrochronologia*, 42, 104-116. <https://doi.org/10.1016/j.dendro.2017.02.003>
- Schweingruber, F.H. (1996). *Tree Rings and Environment-Dendrochronology*. Switzerland, Berne: Paul Haup.
- Team, H., Lee, J., & Romero, J. (2023). Summary for Policymakers. In: H. Lee (Ed), *Climate Change 2023: Synthesis Report*. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 1-34. IPCC, Geneva, Switzerland. <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001>
- Walentowski, H., Falk, W., Mette, T., Kunz, J., Bräuning, A., Meinardus, C... Leuschner, C. (2017). Assessing Future Suitability of Tree Species under Climate Change by Multiple Methods: A Case Study in Southern Germany. *Annals of Forest Research*, 60, 101-126. <https://doi.org/10.15287/afr.2016.789>
- WMO *Guidelines on the Calculation of Climate Normals* (2017). Retrieved from: [https://library.wmo.int/viewer/55797/download?file=1203\\_en.pdf&type=pdf&navigator=1](https://library.wmo.int/viewer/55797/download?file=1203_en.pdf&type=pdf&navigator=1)
- Адаптація до зміни клімату (2015). Карпатський Інститут Розвитку. Агентство сприяння сталому розвитку Карпатського регіону. Форза. [Adaptation to Climate Change (2015). Carpathian Development Institute, Agency for Promotion of Sustainable Development of the Carpathian Region "Forza". Retrieved from [https://forza.org.ua/sites/default/files/adaptation\\_climate\\_change\\_brochure\\_ua\\_screen\\_final.pdf](https://forza.org.ua/sites/default/files/adaptation_climate_change_brochure_ua_screen_final.pdf)] (in Ukrainian)
- Атраментова, Л.О., Утевська, О.М. (2007). *Статистичні методи в біології*. Харків: ХНУ імені В.Н. Каразіна. [Atramentova, L.O., & Utevska, O.M. (2007). *Statistical methods in biology*. Kharkiv: V.N. Karazin Kharkiv National University] (in Ukrainian)
- Битвинскас, Т.Т. (1974). *Дендроклиматические исследования*. Ленинград: Гидрометеиздат. [Bitvinskass, T.T. (1974). *Dendroclimatic research*. Leningrad: Gidrometeoizdat] (in Russian)
- Дейнека, А.М., Мілкіна, Л.І., Приндак, В.П. (2006). *Ліси Національного природного парку «Сколівські Бескиди»*, Львів: Сполом. [Deineka, A.M., Milkina, L.I., & Pryndak, V.P. (2006). *Forests of the National Nature Park "Skolivski Beskydy"*. Lviv: Spolom] (in Ukrainian)
- Коваль, І.М. (2023). *Дендрохронологічні засади оцінювання соснових і дубових деревостанів України*. Харків: Мачулін. [Koval, I.M. (2023). *Dendrochronological principles of assessment of pine and oak stands of Ukraine*, Kharkiv: Machulin] (in Ukrainian)
- Комендар, В.І. (1957). До питання про динаміку рослинних поясів у Східних Карпатах, *Український ботанічний журнал*, 14, 15-25. [Komen-dar, V.I. (1957). To the questions about dynamic of plant belts in the Eastern Carpathians. *Ukrainian Botanical Journal*, 14(4), 15-25] (in Ukrainian)
- Король, М., Токар, О., Густі, М., Портах, С., Нагоряк, В., Приндак, В., Земан, В., Крамарець, В. (2022). Структура природних насаджень заповідних територій Українських Карпат та оцінка стовбурового запасу вуглецю. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 24, 143-152. [Korol, M., Tokar, O., Gusti, M., Portakh, S., Nagornyak, B., Pryndak, V., Zeman, V., & Kramarets, V. (2022). The structure and stem carbon of natural forest stands in the protected territories of the Ukrainian Carpathians. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 24, 143-152. <https://doi.org/10.15421/412213>] (in Ukrainian)
- Малиновський, К.А. (1980). *Рослинність високогір'я Українських Карпат*. Київ: Наукова думка [Ma-

- linovsky, K.A. (1980). *Vegetation of the highlands of the Ukrainian Carpathians*. Kyiv: Scientific opinion] (in Ukrainian)
- Національний природний парк – Сколівські Бескиди (2024). [Skolivski Beskydy National Nature Park (2024). Retrieved from: <http://skole.org.ua/>] (in Ukrainian)
- Олійник, В.С. (2008). *Водоохоронно-захисна роль гірських лісів Українських Карпат, її антропогенні зміни та шляхи оптимізації*: автореф. дис. д-ра с.-г. наук: 06.03.03. Львів, НЛТУ України [Oliynyk, V.S. (2008). Water protection and protection role of mountain forests of the Ukrainian Carpathians, its anthropogenic changes and ways of optimization. (Doctoral dissertation, Ukrainian National Forestry University, Lviv, Ukraine). Retrieved from <http://www.disslib.org/vodookhoronno-zakhysna-rol-hirskykh-lisiv-ukrayinskykh-karpat-yiyi-antropohenni-zminy.html>] (in Ukrainian)
- Приходько, Н.Ф., Парпан, Т.В., Голубчак, О.І., Приходько, М.М., Гудима, В.М. (2022). Радіальні прирости деревостанів рекреаційно-оздоровчих лісів Придністровського Передкарпаття (Івано-Франківська область). *Науковий вісник НЛТУ України*, 32(5), 42-49. [Prykhodko, N.F., Parpan, T.V., Holubchak, O.I., Prykhodko, M.M., Hudyma, V.M., & Pasternak, P.S. Radial growth of forest stands of recreational and health-improving forests of Prydnistrovya Subcarpathian region (Ivano-Frankivsk region). *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 32(5), 42-49. <https://doi.org/10.36930/40320506>] (in Ukrainian)
- Свириденко, В.Є., Бабіч, О.Г., Киричок, Л.С. (2004). *Лісівництво*. Київ: Арістей. [Svyridenko, V.E., Babich, O.G., & Kyrychok, L.S. (2004). *Forestry*. Kyiv: Aristei] (in Ukrainian)
- Стойко, С.М. (2009). Потенційні екологічні наслідки глобального потепління клімату в лісових формаціях Українських Карпат. *Науковий вісник НЛТУ України*, 15, 214-224. [Stoyko, S.M. (2009). Potential ecological consequences of global climate warming in forest ecosystems of Ukrainian Carpathians. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 15, 214-224. Retrieved from: <https://cyberleninka.ru/article/n/potentsiyni-ekologichni-naslidki-globalnogo-poteplynnya-klimatu-v-lisovih-formatsiyah-ukrayinskih-karpat>] (in Ukrainian)
- Стойко, С. (2011). Вплив глобальної зміни клімату на лісові формації Карпат. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 9, 21-29. [Stojko, S. (2011). Global climate changes impact on the forest ecosystems in the Carpathians. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 9, 21-29. Retrieved from: <http://fasu.nltu.edu.ua/index.php/nplanu/article/view/360>] (in Ukrainian)
- Троцюк, В.І., Миклуш, С.І., Коммармот, Б.М., Хобі, М.Л. (2013). Особливості росту за діаметром дерев букового пралісу. *Науковий вісник НЛТУ України*, 23(1), 62-68. [Trotsiuk, V.I., Myklush, S.I., Commarmot, B.M., & Hobi, M.L. (2013). Peculiarities of DBH grows increment of the trees in the primeval beech forest. *Scientific bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 23(1), 62-68. Retrieved from: [https://forestry-ideas.info/issues/issues\\_Download.php?download=375](https://forestry-ideas.info/issues/issues_Download.php?download=375)] (in Ukrainian)
- Шишканинець, І.Ф., Мазепа, В.Г. (2018). Вплив клімату на радіальний приріст бука в середньовікових деревостанах у верхів'ї басейну річки Латориця. *Лісівництво і агролісомеліорація*, 133, 112-118. [Shyshkanynets, I.F., & Mazepa, V.G. (2018). Influence of climate on the radial increment of beech in the middle-aged stands in upper reaches of the Latorytsya river basin. *Forestry and Forest Melioration*, 133, 112-118. <https://doi.org/10.33220/1026-3365.133.2018.112>] (in Ukrainian)
- Шпарик, Ю.С., Криницький, Г.Т., Дебринюк, Ю.М. (2020). Тенденції динаміки типів лісорослинних умов і породного складу деревостанів Українських Карпат у зв'язку зі змінами клімату. *Наукові праці Лісівничої Академії наук України*, 20, 82-92. [Shparyk, Y.S., Krynytskyu, H.T., & Debryniuk, Yu.M. (2020). Trends of dynamics in the site conditions types and species composition of the forest stands in the Ukrainian Carpathians caused by climate changes. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 20, 82-92. <https://doi.org/10.15421/412008>] (in Ukrainian)

### Дендрохронологічні дослідження в букових насадженнях НПП «Сколівські Бескиди»

І.М. Коваль<sup>1</sup>, Н.В. Максименко<sup>2</sup>,  
І.М. Шпаківська<sup>3</sup>

Об'єкт дослідження – праліси бука звичайного (*Fagus sylvatica* L.) в Національному природному парку «Сколівські Бескиди». Предмет дослідження – реакція радіального приросту бука звичайного на зміну клімату. Мета роботи полягала у вста-

<sup>1</sup> Коваль Ірина Михайлівна – академік Лісівничої академії наук України, доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник сектору екології лісу відділу лісівництва та економіки лісового господарства. Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г.М. Висоцького, вул. Григорія Сковороди, 86, м. Харків, 61024, Україна. E-mail: Koval\_Iryna@ukr.net ORCID <https://orcid.org/0000-0001-6328-1418>

<sup>2</sup> Максименко Надія Василівна – доктор географічних наук, професор, завідувач кафедри екологічного моніторингу і заповідної справи. Навчально-науковий інститут екології Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна, майдан Свободи, 6, м. Харків, 61022, Україна. E-mail: nadezdav08@gmail.com; maksymenko@karazin.ua ORCID <https://orcid.org/0000-0002-7921-9990>

<sup>3</sup> Шпаківська Ірина МIRONIVNA – кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник, завідувач відділу екосистемології, Інститут екології Карпат НАН України, вул. Козельницька, 4, м. Львів-26, 79026, Україна. E-mail: ishpakivska@ukr.net ORCID <https://orcid.org/0000-0002-5152-6083>

новленні взаємозв'язків між радіальним приростом бука та кліматичними чинниками, щоб виявити чутливість букових деревостанів до зміни клімату.

Застосовано стандартні дендрохронологічні методи. Під час здійснення дендрокліматичного аналізу використано місячні суми опадів, середньомісячні температури і гідротермічні коефіцієнти де Мартонне, Селянинова,  $O_1$  та  $O_3$ , індекс аридності лісів. Здійснено порівняння реакції радіального приросту бука звичайного для двох періодів: 1974-1986 та 1987-2019 рр. У другому періоді збільшення температури, порівняно з першим, відбувалося з різною швидкістю за сезонами: восени – на 14%, влітку – на 9%, взимку – на 29%, упродовж календарного року – на 14%. Поряд з цим, на тлі незначного збільшення середньорічних опадів (на 2%) відбулися деякі зміни в режимі опадів у другому періоді у порівнянні з першим: кількість опадів збільшилася взимку на 6%, навесні – на 11%, восени – на 2%. Влітку навпаки – відбулося зменшення кількості опадів на 3%.

Виявлено реперні роки мінімального (1964, 1972, 1977, 1982, 1990, 1998, 2008, 2014, 2018 рр.) та максимального приросту дерев (1973, 1976, 1989, 1999, 2009 рр.). Реперні роки мінімального приросту характеризуються високими температурами упродовж вегетаційного періоду (відхилення температур від норми упродовж квітня-серпня становило 14-15%), та аномально теплими, або надзвичайно холодними зимами (відхилення серед-

ніх температур за період з грудня попереднього по лютий поточного року складало від 40 до 107%). Опади меншою мірою обмежували радіальний приріст бука, але у 1986 р. депресію приросту викликав дефіцит опадів упродовж вегетаційного періоду та взимку, коли опади впливають на вологонагромадження в ґрунті (відхилення від норми становили 36 мм, що склало 35%). Роки максимального приросту дерев характеризувалися оптимальним співвідношенням тепла та вологи.

Кореляційні зв'язки між деревно-кільцевими хронологіями *Fagus sylvatica* L., температурами, опадами та гідротермічними показниками свідчать про те, що зменшення кількості опадів та збільшення випаровуваності завдяки підвищенню температури повітря у другому періоді призвели до того, що букові насадження стали більш уразливими до режиму зволоження. Це підтверджує кількість значущих коефіцієнтів кореляції між радіальним приростом і кліматичними чинниками, яка збільшилася у другому періоді.

Водночас бук європейський наразі зміг адаптуватися до зміни клімату. Про це свідчать деревно-кільцеві хронології ранньої, пізньої та річної деревини, які не виявили значного зменшення в тренді радіального приросту дерев.

**Ключові слова:** реакція радіального приросту до зміни клімату; температура; опади; гідротермічні коефіцієнти де Мартонне, Селянинова,  $O_1$  та  $O_3$ ; індекс аридності лісів.



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

<http://fasu.nltu.edu.ua>  
<https://doi.org/10.15421/412412>

Article received 2024.06.02

Article accepted 2024.10.18

ISSN 1991-606X print

ISSN 2616-5015 online

@ ✉ Correspondence author

Valentyina Meshkova

Valentynameshkova@gmail.com

86 Hryhoriy Skovoroda st., Kharkiv, 61024, Ukraine

UDC 630.2

## Symptoms of dwarf elm (*Ulmus pumila* L.) health condition in the Left-bank Ukraine

V. L. Meshkova<sup>1</sup>, O. A. Kuznetsova<sup>2</sup>, V. P. Turenko<sup>3</sup>

*Ulmus pumila* L. is widely spread in arid and semi-arid regions of China as a soil-conservation, sand-fixing, and resistant plant. Due to its rapid growth, winter hardiness, low demand for soil fertility and moisture, tolerance of drought, resistance to gaseous pollution and soil salinization, and ability to spread under favorable conditions, *U. pumila* has been widely cultivated in forests, urban plantations, and along transportation right-of-ways. In some regions, *U. pumila* is resistant to Dutch elm disease (DED), and verticillium wilt but it is susceptible to bacterial wetwood disease. The trees' health is usually assessed according to crown and trunk appearance. We assumed that some symptoms may be associated with specific types of pathologies or indicate the latent development of the disease, which is difficult to diagnose visually. The study aimed to search the relations between the distribution of visually detectable symptoms of *U. pumila* weakening and tree groups with apparent signs of bacterial wetwood and Dutch elm disease. In June-September 2023, the health condition of *Ulmus* sp. was examined in forest shelterbelts along the M 03 highway, passing through the territory of Kyiv, Poltava, and Kharkiv regions. In this study, the data on 624 *U. pumila* trees in 11 sample plots were used, particularly, the diameter at breast height (DBH), the class of the health condition, defoliation, the prevalence of dry branches, epicormic shoots, bark beetle infestation, local bark death, and collar rots. Based on these indicators, four groups were examined – with symptoms of bacterial wetwood, DED, weakening of unknown etiology (symptomatic trees), and without visual symptoms of weakening (asymptomatic trees). DBH of symptomatic trees was significantly less than that in asymptomatic and DED-infected trees. The average HCI was from 2.5 for asymptomatic to 3.3 for wetwood disease-infected trees, and 3.5 for DED-infected trees. DED-infected trees were found to have the highest level of defoliation and the lowest prevalence of epicormic shoots. Among wetwood-infected trees, the bark beetle infestation significantly increased with an increase in HCI and defoliation and decreased as the diameter of the trunks decreased. Principal components analysis confirmed the highest association of bark beetle infestation with DED, epicormic shoots with wetwood disease, and dry branches with other symptomatic trees. Symptomatic trees occupied an intermediate position by HCI. Although they have no direct signs of fungal or bacterial disease, health worsening may indicate a latent infection.

**Key words:** Dutch elm disease; wetwood disease; defoliation; dry branches; epicormic shoots; bark beetle infestation.

**Introduction.** *Ulmus pumila* L. (*Ulmaceae*) is known as the Asiatic elm, the Siberian elm, and the dwarf elm (Hirsch et al., 2017), and has many synonyms in other languages, particularly in Ukrainian

“dribnolystyi”, and “nyzkyi” (Жигалова, 2016). *U. pumila* is native to Central Asia, eastern Siberia, the Russian Far East, Mongolia, Tibet, northern China, India (northern Kashmir) and Korea. This tree species

<sup>1</sup> Valentyina L. Meshkova – Full Member of Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Doctor habil. (Agricultural Sciences), professor, the G. M. Vysotsky Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration, 86 Hryhoriy Skovoroda st., Kharkiv, 61024, Ukraine. E-mail: Valentynameshkova@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6483-2736>

<sup>2</sup> Olena A. Kuznetsova – post-graduate student, the G. M. Vysotsky Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration, 86 Hryhoriy Skovoroda st., Kharkiv, 61024, Ukraine. E-mail: urbanscapeke@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-8079-9186>

<sup>3</sup> Volodymyr P. Turenko – Doctor habil. (Agricultural Sciences), professor, State Biotechnological University, 44 Alchevskykh st., Kharkiv, 61000, Ukraine. E-mail: turenko065@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7432-6965>

is widely spread in arid and semi-arid regions of China as a soil-preserving, sand-fixing, and resistant plant (Jiang et al., 2024). Due to its rapid growth, winter hardiness, low demand on soil fertility and moisture, and tolerance of mild salinity, drought, *resistance to gaseous pollution and soil salinization*, and ability to spread rapidly under favorable conditions (Solla et al., 2005), *U. pumila* has been widely cultivated throughout Asia, North America, Argentina, and southern Europe (Hirsch et al., 2017; Шлапак, Масловата, 2017). *U. pumila* is often found along right-of-ways of railroads, neglected sites, and disturbed ground because it prefers the well-drained, nutrient-poor soil, high light intensity, and the corridors facilitating its spread (Jiang et al. 2024). However, due to its high sunlight requirements, *U. pumila* sometimes invades mature forests growing in the cities, and areas along transportation right-of-ways (Zalapa et al., 2008; Lykholat et al., 2018), and becomes invasive in the natural reserve areas (Зав'ялова, 2017).

*U. pumila* has considerable variability in resistance to Dutch elm disease, particularly it is more tolerant in north-western and north-eastern China than in central and southern China (Zalapa et al., 2008). It was the most resistant of all the elms to verticillium wilt and is highly susceptible to damage from elm leaf beetle *Xanthogaleruca luteola* (O.F. Müller, 1766) (Coleoptera: Chrysomelidae) (Miller, & Ware, 2001), and the Asian 'zigzag' sawfly *Aproceros leucopoda* Takeuchi, 1939 (Hymenoptera: Argidae) (Brasier et al., 2013).

The assessment of three *Ulmus* species' health in the shelterbelts along the Kyiv-Kharkiv highway showed tree damage by bacterial disease (wetwood), Dutch elm disease (DED), collar rots, and bark beetles (Кузнецова та ін., 2023). On average for three elm species, bacterial disease was most widespread in a fragment of the shelterbelt within Kyiv region, and in *U. pumila* it was most widespread within Kharkiv region.

According to "Sanitary Forests Regulations in Ukraine" (2016), the trees' health is assessed by classes according to crown and trunk appearance. However, the trees with central rot or the initial stage of stem pest infestation often have healthy crowns and are assessed as healthy (Vasaitis, 2013, 2024). Conversely, deciduous trees with many dry branches are assessed as class 4 of health condition but they can restore the crown and remain viable for decades (Meshkova, & Davydenko, 2016).

At the same time, some symptoms of crown and trunk damage can be caused by various factors. In some cases, the health of the tree irreversibly deteriorates, while in other cases it improves (Мешкова, Зінченко, 2016; Мешкова, Колєнкіна, 2016; Meshkova et al., 2021).

We assumed that some symptoms may be characteristic or associated with specific types of pathologies or indicate the latent development of the disease, which is difficult to diagnose visually.

*The object of research* was the symptoms of *U. pumila* damage. *The subject of research* was the

prevalence of various damage symptoms in *U. pumila* trees with signs of different diseases. The study aimed to search the relations between the distribution of visually detectable symptoms of *U. pumila* weakening and tree groups with confirmed signs of bacterial wetwood and Dutch elm disease.

**Material and methods.** In June-September 2023, the health condition of *Ulmus* sp. was examined in forest belts along the M 03 highway, passing from the West to the East through the territory of Kyiv, Poltava, and Kharkiv regions of Ukraine. The sample plots were located at the parts of the shelterbelt with the dominance of one or several *Ulmus* species. *U. pumila* L. was presented in 5, 4, and 2 sample plots in Kharkiv, Poltava, and Kyiv regions, respectively. In different sample plots, *U. pumila* comprised 26 to 96 % of all trees and elms (Table 1).

When examining the trees, the diameter at breast height (DBH) was measured with an accuracy of 1 cm, the class of the health condition of the trees, the presence and prevalence of weakening symptoms, and their severity for some of them were evaluated.

Each tree was referred to one of six classes of health condition (1st – healthy; 2nd – weakened; 3rd – severely weakened; 4th – drying-out; 5th – recently died; 6th – dead over a year ago). A health condition index (HCI) was calculated as a mean of the health condition classes of inspected trees for each sample plot (Sanitary Forests Regulations in Ukraine, 2016).

During the field inspection, Dutch elm disease (DED) was identified by specific symptoms – wilting and curling of leaves that remain on the tree for a while even without changing color, the gradual dying-off of thin and then thick branches, the presence of dark brown stripes on the longitudinal section of the branch – capped vessels, and rings of points on the transverse section. The coremia with conidia were found on heavily infested trees in the bark beetles' galleries. The pathogen identified was confirmed by specific laboratory techniques (Menkis et al., 2016; Кузнецова та ін., 2023).

Bacterial wetwood was identified by fresh or dried exudate on the bark, resulting from bark fermentation. An analysis made at the Institute of Microbiology and Virology of the National Academy of Sciences of Ukraine has identified the pathogen as *Lelliottia nimipressuralis* (Carter 1945) (Мешкова, Мороз, Кузнецова, 2024).

Because of the inability to cut down trees, their infestation by bark beetles was assessed only by the exit holes in the lower part of the trunks.

The prevalence of each symptom of elm damage was estimated as the proportion of trees with certain symptoms from the total number of inspected trees.

The local bark death, butt rot, and bark beetle infestation in the lower part of the trunk, as well as infectious diseases, were pointed in two gradations: 1 – presence; 0 – absence. The severity of symptoms was assessed only for defoliation, dry branches, and epicormic shoots. Defoliation was visually evaluated with

an accuracy of 5 % and then scored: 0 point – 0-10%; 1 point – 11 – 25%; 2 points – 26 – 60%; 3 points – 61 – 94%, and 4 points – 95 – 100%. The score for dry branches was: 0 points – absence; 1 point – up

to 10%; 2 points – 11-50 %; 3 points – 51-75%; 4 points – > 75%. The score for epicormic shoots was: 1 – single; 2 – abundant; 3 – the trunk is completely covered with epicormic shoots (Мешкова, 2020).

Table 1. Location of sample plots with proportion of elms, incl. *Ulmus pumila*

| No             | Latitude, ° | Longitude, ° | Number of trees |          |                  | Proportion of trees, % |                                 |                                |
|----------------|-------------|--------------|-----------------|----------|------------------|------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
|                |             |              | all species     | all elms | <i>U. pumila</i> | elms from all trees    | <i>U. pumila</i> from all trees | <i>U. pumila</i> from all elms |
| Kharkiv region |             |              |                 |          |                  |                        |                                 |                                |
| 1              | 49.7646     | 35.2982      | 48              | 48       | 39               | 100.0                  | 81.3                            | 81.3                           |
| 2              | 49.8633     | 35.7077      | 25              | 25       | 23               | 100.0                  | 92.0                            | 92.0                           |
| 3              | 49.9606     | 36.0486      | 101             | 101      | 73               | 100.0                  | 72.3                            | 72.3                           |
| 4              | 49.7986     | 35.5034      | 100             | 100      | 82               | 100.0                  | 82.0                            | 82.0                           |
| 5              | 49.7911     | 35.4922      | 151             | 151      | 64               | 100.0                  | 42.4                            | 42.4                           |
| Poltava region |             |              |                 |          |                  |                        |                                 |                                |
| 6              | 50.2278     | 32.1337      | 75              | 68       | 57               | 90.7                   | 76.0                            | 83.8                           |
| 7              | 49.6957     | 33.4371      | 224             | 204      | 166              | 91.1                   | 74.1                            | 81.4                           |
| 8              | 50.2481     | 32.2741      | 50              | 50       | 13               | 100.0                  | 26.0                            | 26.0                           |
| 9              | 50.2443     | 32.2593      | 50              | 50       | 15               | 100.0                  | 30.0                            | 30.0                           |
| Kyiv region    |             |              |                 |          |                  |                        |                                 |                                |
| 10             | 50.2292     | 32.0853      | 101             | 86       | 68               | 85.1                   | 67.3                            | 79.1                           |
| 11             | 50.2323     | 31.9921      | 25              | 25       | 24               | 100.0                  | 96.0                            | 96.0                           |
| Total          |             |              | 950             | 908      | 624              | 95.6                   | 65.7                            | 68.7                           |

Since the prevalence of *U. pumila* on the sample plots did not depend on the longitude of their location ( $r=0.21$ ;  $t=0.66$ ), the data on all sample plots were pooled for subsequent analysis.

The Shapiro-Wilk test did not confirm the normality of the indicators obtained. Therefore, we compared the groups of trees using non-parametric methods (The Mann-Whitney pairwise test) and calculated Spearman's coefficient for the correlation of indicators. Microsoft Excel and statistical software package PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis (Hammer, Harper, & Ryan, 2001) were used for data analysis and visualization. The proportions of symptoms or indicators were compared using a z-test [Peck, Short, & Olsen, 2020]. The difference between the proportions was considered significant for  $P = 0.05$  at  $Z > 1.96$ .

**Results.** Based on the totality of indicators, four groups of trees were examined – with symptoms of bacterial wetwood (bacteriosis), with symptoms of DED, with symptoms of weakening of unknown etiology, and without visual symptoms of weakening.

DBH of all trees varied from 14 to 48 cm with an average 24-26 cm (Fig. 1).

According to the Mann-Whitney pairwise test, the diameter of symptomatic trees was significantly less

than that in asymptomatic and DED-infected trees. The diameter of trees with bacteriosis did not differ from other groups of trees.

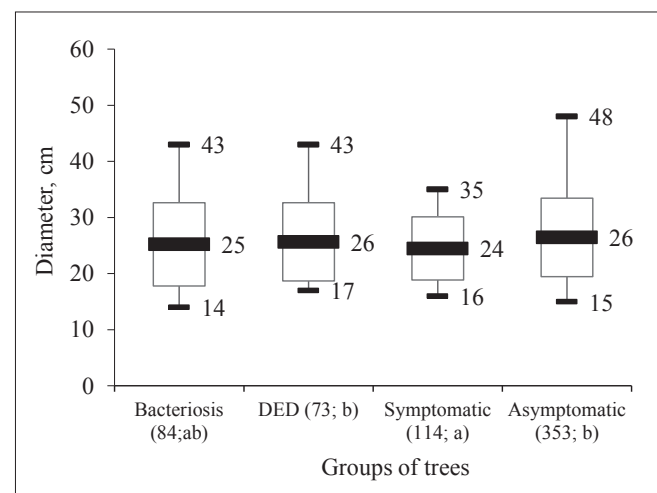


Fig. 1. Diameter of *U. pumila* in various groups by health (the numbers indicate the minimum, mean, and maximum; box length is one sigma; whiskers are max-min; in parentheses: numbers of trees in each group and letters showing the significant differences at  $p < 0.05$ )

The trees of 2<sup>nd</sup>–5<sup>th</sup> health classes are presented among assessed elms. An average HCI of asymptomatic was significantly less than in other groups of trees. This indicator was the highest among the trees with wetwood (Fig. 2).

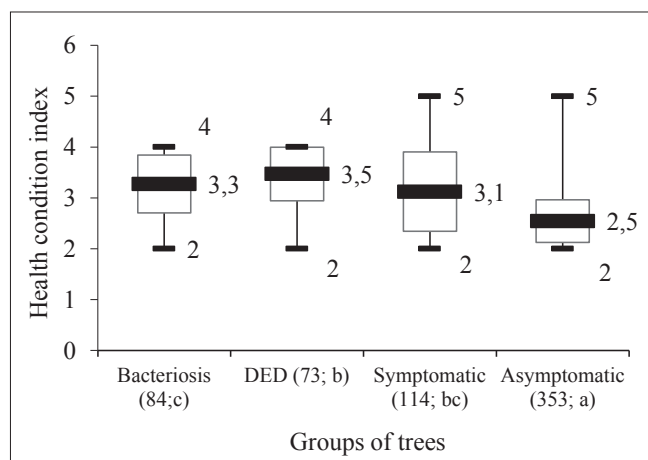


Fig. 2. Health condition index (HCI) of *U. pumila* in various groups by health (the numbers indicate the minimum, mean, and maximum; box length is one sigma; whiskers are max-min; in parentheses: numbers of trees in each group and letters showing the significant differences at  $p < 0.05$ )

The absence of dead trees among elms infected by wetwood indicates a chronic disease development. Symptomatic trees occupy an intermediate position by HCI. They do not have symptoms of fungal or bacterial disease but the deterioration of the health condition may be a sign of latent infection. The proportion of drying up elms (of health condition class 4) was significantly higher among trees with wetwood and DED than among other groups (Fig. 3). The differences between symptomatic and asymptomatic trees are not significant.

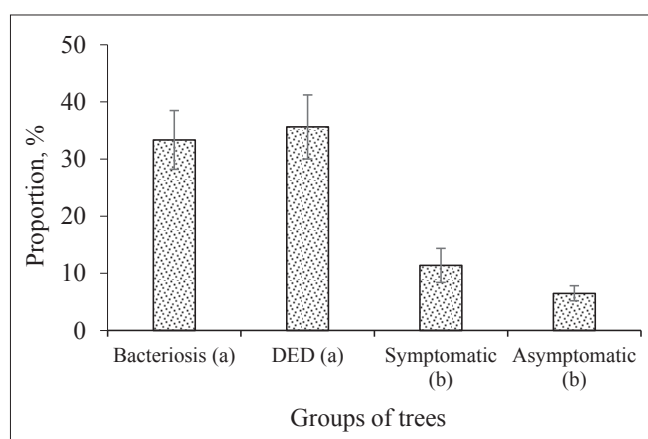


Fig. 3. Proportion of drying up trees (health condition class 4) in various groups of trees (letters showing the significant differences at  $p < 0.05$  in parentheses)

Average defoliation both in percentage and in points was the lowest in asymptomatic trees (Fig. 4). This indicator in elms with signs of wetwood or DED

has no significant differences with symptomatic trees of unknown etiology, however, mean defoliation was the highest in the DED-infected trees.

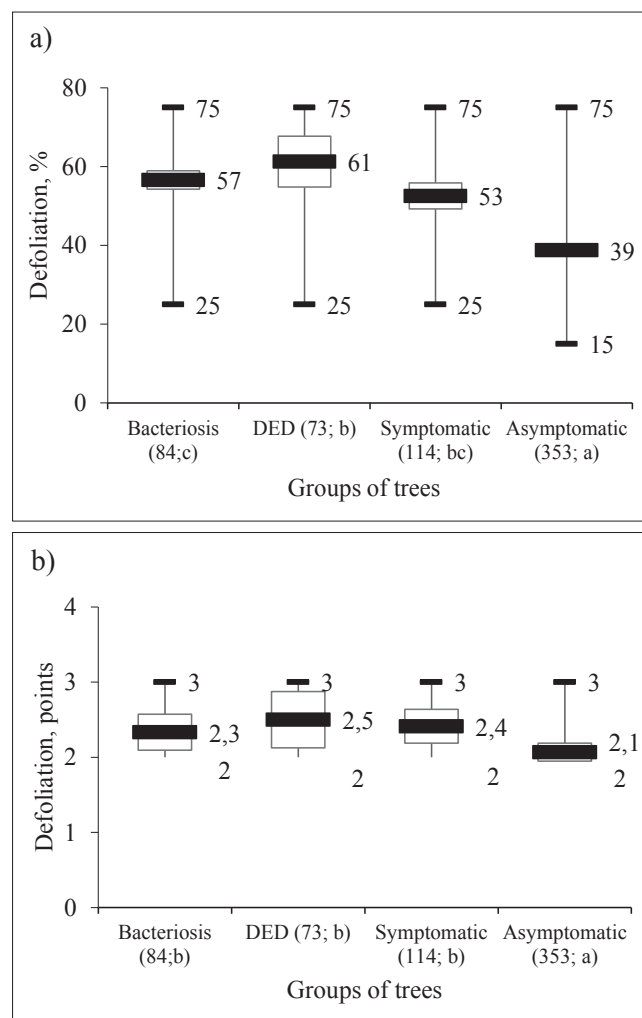


Fig. 4. Defoliation of *U. pumila* in various groups by health (the numbers indicate the minimum, mean, and maximum; box length is one sigma; whiskers are max-min; in parentheses: numbers of trees in each group and letters showing the significant differences at  $p < 0.05$ ) (a – assessed in percentage; b – recalculated to points)

All symptoms appeared to varying degrees in trees with signs of bacteriosis, DED, and in the group of other symptomatic trees (Fig. 5).

Trees with epicormic shoots are the most often represented, and trees with dry branches and bark beetle infestation are less frequent. The proportion of trees with local bark death and collar rots was the lowest in all analyzed groups of trees. Trees with the signs of wetwood epicormic shoots occurred most often, followed by dry branches and bark beetle infestation. Among trees with signs of DED, bark beetle infestation dominated, followed by epicormic shoots, and dry branches. Among other symptomatic trees, epicormic shoots occurred most often, followed by dry branches and bark beetle infestation. The proportion of bark beetle-infested trees was the highest (26 %) among the trees with signs of DED (see Fig. 5).

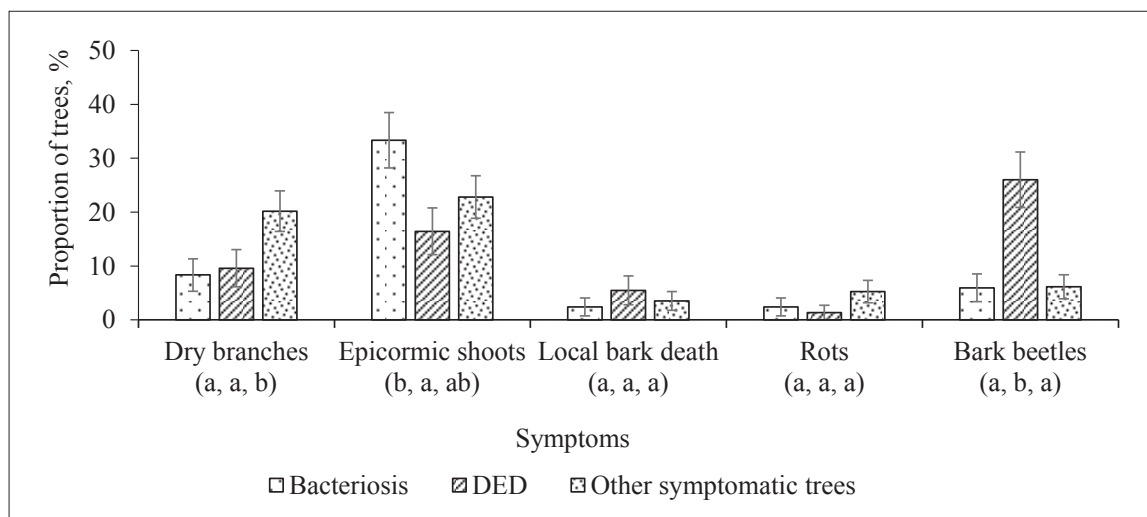


Fig. 5. Comparison of the prevalence of some *U. pumila* health condition symptoms in various groups of trees (symptoms prevalence evaluated as the proportion of symptomatic trees in %; letters show the significant differences in each symptom at  $p < 0.05$  between tree groups: bacteriosis, DED, and other symptomatic trees)

The severity of dry branches was the highest among other symptomatic trees and the lowest among trees with signs of bacterial wetwood (Fig. 6). The severity of epicormic shoots was the highest among trees with signs of bacterial wetwood.

For trees with signs of bacterial wetwood, the highest significant positive Spearman correlation was obtained between HCI and defoliation, the moderate

correlation – for pairs of bark beetle infestation – HCI and bark beetle infestation – defoliation, and Local bark death – Dry branches, the low correlation – for pairs of HCI – Dry branches, HCI – Local bark death, Bark beetles – Local bark death, and Dry branches – Defoliation.

No significant correlation with any symptom was obtained for DBH and epicormic shoots (see Table 2).

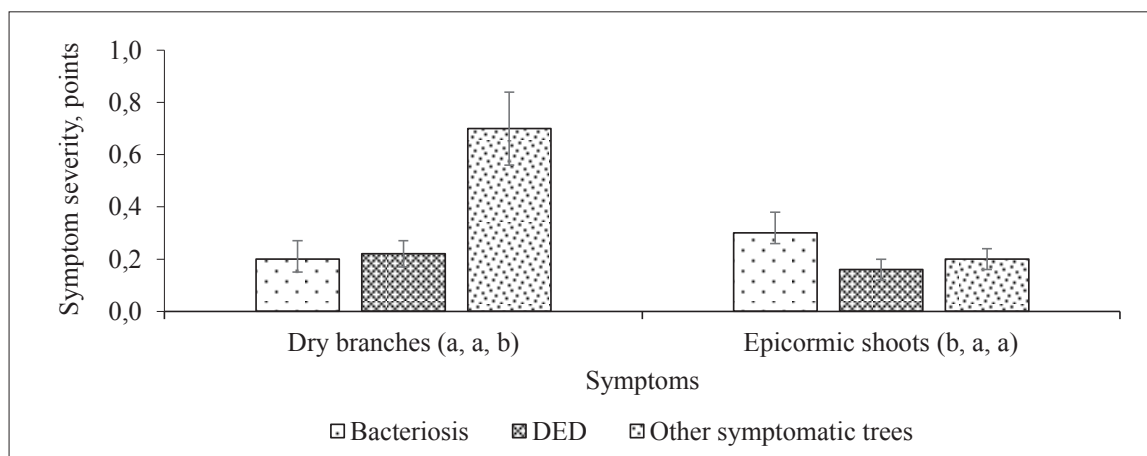


Fig. 6. Comparison of the severity of the two most prevalent symptoms of *U. pumila* health condition in various groups of trees (letters show the significant differences in each symptom at  $p < 0.05$  between tree groups: bacteriosis, DED, and other symptomatic trees)

Table 2. Spearman correlation between various health condition symptoms of *U. pumila* trees with bacterial wetwood

| Parameters     | HCI                                 | DBH, cm         | Def., % | Def., score | Dry branches | Epicormic shoots | Bark beetle | Local bark death |
|----------------|-------------------------------------|-----------------|---------|-------------|--------------|------------------|-------------|------------------|
| 1              | 2                                   | 3               | 4       | 5           | 6            | 7                | 8           | 9                |
| DBH, cm        | -0,10 (0.37)                        | 1               |         |             |              |                  |             |                  |
| Defoliation, % | <b>0.97</b><br>( <b>&lt;0.001</b> ) | -0.07<br>(0.54) | 1       |             |              |                  |             |                  |

Continuation of Table 2

| 1                       | 2                                   | 3               | 4                                   | 5                               | 6                                   | 7              | 8                              | 9               |
|-------------------------|-------------------------------------|-----------------|-------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|----------------|--------------------------------|-----------------|
| Defoliation, score      | <b>0.95</b><br>( <b>&lt;0.001</b> ) | -0.11<br>(0.31) | <b>0.93</b><br>( <b>&lt;0.001</b> ) | 1                               |                                     |                |                                |                 |
| Dry branches            | <b>0.24</b><br>( <b>0.03</b> )      | -0.05<br>(0.64) | <b>0.24</b><br>( <b>0.03</b> )      | <b>0.25</b><br>( <b>0.02</b> )  | 1                                   |                |                                |                 |
| Epicormic shoots        | 0.06<br>(0.56)                      | 0.07<br>(0.52)  | 0.03<br>(0.78)                      | 0.05<br>(0.67)                  | 0.19<br>(0.08)                      | 1              |                                |                 |
| Bark beetle infestation | <b>0.34</b><br>( <b>0.002</b> )     | 0.004<br>(0.97) | <b>0.33</b><br>( <b>0.002</b> )     | <b>0.36</b><br>( <b>0.001</b> ) | 0.11<br>(0.30)                      | 0.03<br>(0.77) | 1                              |                 |
| Local bark death        | <b>0.21</b><br>( <b>&lt;0.001</b> ) | 0.03<br>(0.82)  | 0.20<br>(0.06)                      | <b>0.22</b><br>( <b>0.04</b> )  | <b>0.51</b><br>( <b>&lt;0.001</b> ) | 0.05<br>(0.63) | <b>0.29</b><br>( <b>0.01</b> ) | 1               |
| Collar rot              | 0.21 (0.06)                         | -0.19<br>(0.08) | 0.20<br>(0.06)                      | <b>0.22</b><br>( <b>0.04</b> )  | -0.05<br>(0.67)                     | 0.05<br>(0.63) | -0.04<br>(0.72)                | -0.02<br>(0.83) |

Note: p in parentheses; significant coefficients (p<0.05) are marked in bold

For trees with signs of DED, the highest significant positive Spearman correlation was obtained between HCI and defoliation, the moderate correlation – for pairs of Local bark death – Dry branches, and the low

correlation – for pairs of HCI – Local bark death, and Defoliation – Local bark death (Table 3). A significant negative low Spearman correlation was obtained between DBH and bark beetle infestation (see Table 3).

Table 3. Spearman correlation between various health condition symptoms of *U. pumila* trees with Dutch elm disease

| Parameters              | HCI                                 | DBH, cm                         | Def., %                             | Def., score                    | Dry branches                    | Epicormic shoots | Bark beetle     | Local bark death |
|-------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|------------------|-----------------|------------------|
| DBH, cm                 | 0.04<br>(0.75)                      | 1                               |                                     |                                |                                 |                  |                 |                  |
| Defoliation, %          | <b>0.96</b><br>( <b>&lt;0.001</b> ) | 0.08<br>(0.52)                  | 1                                   |                                |                                 |                  |                 |                  |
| Defoliation, score      | <b>0.96</b><br>( <b>&lt;0.001</b> ) | 0.05<br>(0.69)                  | <b>0.97</b><br>( <b>&lt;0.001</b> ) | 1                              |                                 |                  |                 |                  |
| Dry branches            | 0.15<br>(0.20)                      | 0.14<br>(0.24)                  | 0.16<br>(0.19)                      | 0.16<br>(0.18)                 | 1                               |                  |                 |                  |
| Epicormic shoots        | -0.16<br>(0.17)                     | 0.03<br>(0.81)                  | -0.15<br>(0.20)                     | -0.13<br>(0.27)                | -0.14<br>(0.22)                 | 1                |                 |                  |
| Bark beetle infestation | 0.17<br>(0.14)                      | <b>-0.25</b><br>( <b>0.03</b> ) | 0.12<br>(0.31)                      | 0.12<br>(0.32)                 | 0.02<br>(0.85)                  | -0.18<br>(0.13)  | 1               |                  |
| Local bark death        | <b>0.24</b><br>( <b>0.04</b> )      | 0.10<br>(0.38)                  | <b>0.24</b><br>( <b>0.04</b> )      | <b>0.25</b><br>( <b>0.03</b> ) | <b>0.52</b><br>( <b>0.001</b> ) | -0.11 (0.37)     | -0.14<br>(0.23) | 1                |
| Collar rot              | 0.12<br>(0.32)                      | -0.04<br>(0.74)                 | 0.12<br>(0.32)                      | 0.12<br>(0.30)                 | -0.04<br>(0.75)                 | -0.05<br>(0.66)  | -0.07<br>(0.56) | -0.03<br>(0.81)  |

Note: p in parentheses; significant coefficients (p<0.05) are marked in bold

Principal components analysis shows the highest association of bark beetle infestation with DED, epicormic shoots with wetwood disease, and dry branches with other symptomatic *U. pumila* trees (Fig. 7).

Collar rots and local bark death have the lowest associations with all groups of tree pathology. For collar rot, the first principal component (PC1) is 0.086, the second one (PC2) is 0.21, and for local bark death PC1=0.11 and PC2=0.04.

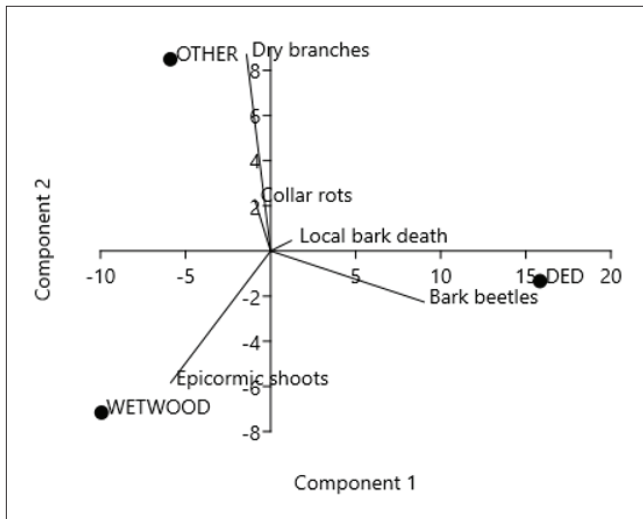


Fig. 7. Principal components analysis, illustrating the relationships between symptoms of *U. pumila* weakening (vectors – dry branches, epicormic shoots, local bark death, bark beetles, and collar rots) and types of pathology (black points: DED – Dutch elm disease, WETWOOD – bacteriosis, and OTHER – other symptomatic trees). The first main component describes 75.41% of variance, and the second one – 24.59%

**Discussion.** We assessed the distribution of health indicators of 624 *U. pumila* trees in 11 sample plots inspected in the roadside forest shelterbelt over 400 km long. The trees were visually diagnosed with partial laboratory confirmation of diseases caused by fungi (Dutch elm disease, or DED) and bacteria (wetwood disease). Health condition index, defoliation, the prevalence of dry branches, epicormic shoots, bark beetle infestation, local bark death, and collar rots were assessed for each tree. The severity score was assessed for dry branches and epicormic shoots (Мешкова, 2020).

Four groups were examined based on the totality of indicators – with symptoms of bacterial wetwood, DED, weakening of unknown etiology (symptomatic trees), and without visual symptoms of weakening (asymptomatic trees).

DBH of symptomatic trees was significantly less than that in asymptomatic and DED-infected trees (see Fig. 1).

According to Sanitary Regulations (2016), most trees are severely weakened with an average HCI from 2.5 for asymptomatic to 3.3 for wetwood-infected trees. The average HCI for DED-infected trees is 3.5, that is, these trees are drying out (see Fig. 2).

DED-infected trees have the highest level of defoliation (see Fig. 4). It occurs because DED affects vessels and is manifested by curling, wilting, and falling of leaves (Santini, & Faccoli, 2015; Jürisoo et al., 2010), unlike bacteriosis affecting cambium and phloem (Sobiczewski, 2008; Gougherty, 2023).

The proportion of trees with epicormic shoots was the greatest among wetwood-infected trees and the lowest among DED-infected trees (see Fig. 5). It

occurs because bacteriosis develops more often into a chronic form (Goychuk et al., 2023), and due to epicormic shoots, the tree restores its health and prolongs its existence. Unlike them, DED develops more often in an acute form, and trees die within a few weeks (Пузріна, Явний, 2020; Christopher et al., 2023).

The magnitude and significance of correlation coefficients differ in the groups of trees with signs of wetwood and DED. The correlation between HCI and defoliation is the highest and most significant in both groups (see Table 2, and 3).

Among wetwood-infected trees, the bark beetle infestation was significantly higher with higher HCI and defoliation. For DED-infected trees, a significant negative correlation occurred between DBH and bark beetle infestation, that is, bark beetles inhabited trees with a smaller diameter (see Table 3). In both cases, this indicates that bark beetles infested weaker trees and that the trees were weakened due to bark beetle infestation. The role of bark beetles and other xylophages in both diseases' spread is widely published (Santini, & Faccoli, M. 2015; Menkis et al., 2016; Goychuk et al., 2023).

Principal components analysis considering symptoms in individual groups of *U. pumila* trees confirmed the highest association of bark beetle infestation with DED. The presence of epicormic shoots was more typical in wetwood-infected trees, and among other symptomatic trees, dry branches predominated (see Fig. 7).

Symptomatic trees occupy an intermediate position by HCI (see Fig. 2). Although they have no direct signs of fungal or bacterial disease, health deterioration may indicate a latent infection (La Porta, Hietala, & Baldi, 2022).

**Conclusions.** In the roadside forest shelterbelt, four groups of *U. pumila* trees were identified: with symptoms of bacterial wetwood, DED-infected, weakening of unknown etiology (symptomatic trees), and without visual symptoms of weakening (asymptomatic trees).

Average HCI was from 2.5 for asymptomatic to 3.3 for wetwood-infected trees, and 3.5 for DED-infected trees. DED-infected trees have the highest level of defoliation and the lowest prevalence of epicormic shoots.

Among wetwood-infected trees, the bark beetle infestation significantly increased with an increase in HCI and defoliation and decreased with a decrease in diameter.

Principal components analysis confirmed the highest association of bark beetle infestation with DED, epicormic shoots with wetwood, and dry branches with other symptomatic trees.

**Acknowledgments.** The paper was prepared in the framework of a research plan of URIFFM (grant 0120U101891) supported by the State Forest Resources Agency of Ukraine. The authors thank the anonymous reviewers for their valuable advice, useful and constructive recommendations, and text revision.

## References

- Brasier, C., Blank, S., Kohler, T., Pfannenstill, T., & Liston, A. (2013). Zig-zagging across Central Europe: recent range extension, dispersal speed and larval hosts of *Aproceros leucopoda* (Hymenoptera, Argidae) in Germany. *Journal of Hymenoptera Research*, 41, 57-74. <https://doi.org/10.3897/JHR.41.8681>
- Christopher A. Copeland, Richard W. Harper, Nicholas J. Brazee, & Forrest J. Bowlick (2023). A review of Dutch elm disease and new prospects for *Ulmus americana* in the urban environment, *Arboricultural Journal*, 45(1), 3-29. <https://doi.org/10.1080/03071375.2022.2082177>
- Gougherty, A.V. (2023). Emerging tree diseases are accumulating rapidly in the native and non-native ranges of Holarctic trees. *NeoBiota*, 87, 143-160. <https://doi.org/10.3897/neobiota.87.103525>
- Goychuk, A., Kulbanska, I., Shvets, M., Pasichnyk, L., Patyka, V., Kalinichenko, A., & Degtyareva, L. (2023). Bacterial Diseases of Bioenergy Woody Plants in Ukraine. *Sustainability*, 15(5), 41-89. <https://doi.org/10.3390/su15054189>
- Hammer, O., Harper, D.A. T., & Ryan, P.D. (2001). PAST: paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4, 1-9. [http://doi.org/palaeo-electronica.org/2001\\_1/past/issue1\\_01.htm](http://doi.org/palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm)
- Hirsch, H., Brunet, J., Zalapa, J., Von Wehrden, H., Hartmann, M., Kleindienst, C., ... Hensen, I. (2017). Intra- and interspecific hybridization in invasive Siberian elm. *Biol Invasions*, 19(6), 1889-1904. <http://doi.org/10.1007/s10530-017-1404-6>. hdl:10019.1/122672. S2CID 42755808
- Jiang, P., Yang, C., Zhang, X., Tong, B., Xie, X., Li, X., & Fan, S. (2024). The Growth and Non-Structural Carbohydrate Response Patterns of Siberian Elm (*Ulmus pumila*) under Salt Stress with Different Intensities and Durations. *Forests*, 15(6), 1004. <https://doi.org/10.3390/f15061004>
- Jürisoo, L., Adamson, K., Padari, A., & Drenkhan, R. (2019). Health of elms and Dutch elm disease in Estonia. *European Journal of Plant Pathology*, 154(7), 1-19. <https://doi.org/10.1007/s10658-019-01707-0>
- La Porta, N., Hietala, A.M., & Baldi, P. (2022). Bacterial diseases in forest trees. In *Forest Microbiology, Vol. 3(2): tree diseases and pests*, 139-166. Academic Press, Elsevier, ISBN 0443186952, 9780443186950
- Lykholat, Y., Khromykh, N., Didur, O., Alexeyeva, A., Lykholat, T., & Davydov, V. (2018). Modeling the invasiveness of *Ulmus pumila* in urban ecosystems in conditions of climate change. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 9(2), 161-166. <https://doi.org/10.15421/021824>
- Menkis, A., Östbrant, I.L., Wågström, K., & Vasaitis, R. (2016). Dutch elm disease on the island of Gotland: monitoring disease vector and combat measures. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 31, 237-241. <https://doi.org/10.1080/02827581.2015.1076888>
- Meshkova, V.L., & Davydenko, K.V. (2016). Verticillium wilt on Norway maple (*Acer platanoides* L.) in the East of Ukraine. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 14, 174-179. <https://doi.org/10.15421/411624>
- Meshkova, V.L., Koshelyaeva, Y.V., Koliienkina, M.S., & Shvydenko, I.M. (2021). Prediction of changes in the health condition of silver birch (*Betula pendula* Roth). *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 23, 42-49. <https://doi.org/10.15421/412125>
- Miller, F., & Ware, G. (2001). Resistance of Temperate Chinese Elms (*Ulmus* spp.) to Feeding of the Adult Elm Leaf Beetle (Coleoptera: Chrysomelidae). *Journal of Economic Entomology*, 94(1), 162-166. <https://doi.org/10.1603/0022-0493-94.1.162>
- Peck, R., Short, T., & Olsen, C. (2020). Introduction to Statistics and Data Analysis; Cengage Learning: Boston, MA, USA. Retrieved from <http://www.statisticlectures.com/topics/ztestproportions/> (accessed on 2 March 2024)
- Santini, A., & Faccoli, M. (2015). Dutch elm disease and elm bark beetles: a century of association. *iForest – Biogeosciences and Forestry*, 8, 126-134. <https://doi.org/10.3832/ifer1231-008>
- Sobiczewski, P. (2008). Bacterial diseases of plants: epidemiology, diagnostics and control. *Zemdirbyste-Agriculture*, 95(3), 151-157. Retrieved from [https://zemdirbyste-agriculture.lt/95\(3\)tomas/95\(3\)tomas\\_151\\_157.pdf](https://zemdirbyste-agriculture.lt/95(3)tomas/95(3)tomas_151_157.pdf)
- Solla, A., Martín, J.A., Corral, P., & Gil, L. (2005). Seasonal changes in wood formation of *Ulmus pumila* and *U. minor* and its relation with Dutch elm disease. *New Phytologist*, 166(3), 1025-1034. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2005.01384.x>
- Vasaitis, R. (2013). 10 Heart Rots, Sap Rots and Canker Rots. Infectious forest diseases, 197. CAB International 2013. Infectious Forest Diseases (eds P. Gonthier and G. Nicolotti). <https://doi.org/10.1079/9781780640402.0197>
- Vasaitis, R. (2024). Alien invasive pathogens and pests in the changing environment: Focus on North Europe: (abstracts of presentations of the panel of Nordic Forest Research Network SNS N2023-01a). *Baltic Forestry*, 30(1), id750 p. 9. Category: Supplement <https://doi.org/10.46490/BF750>; <https://balticforestryojs.lammc.lt/ojs/index.php/BF/article/view/750>
- Zalapa Juan, E., Brunet Johanne, G., & Raymond, P. (2008). Genetic diversity and relationships among Dutch elm disease tolerant *Ulmus pumila* L. Accessions from China. *Genome*, 51(7), 492-500. <https://doi.org/10.1139/G08-034>
- Жигалова, С.Л. (2016). Родини *Ulmaceae* Mirb. та *Celtidaceae* Endl. у флорі України. Рід *Ulmus* L. (*Ulmaceae* Mirb.) у флорі України. *Інтродукція*

- рослин, 4, 52-58. [Zhigalova, S.L. (2016). Families *Ulmaceae* Mirb. and *Celtidaceae* Endl. in the flora of Ukraine. *Introduction of plants*, 4, 52-58. <https://doi.org/10.5281/zenodo.2457713>] (in Ukrainian)
- Зав'ялова, Л.В. (2017). Види інвазійних рослин, небезпечні для природного фіторізноманіття об'єктів природно-заповідного фонду. *Біологічні системи*, 9(1), 87-107. [Zavialova, L.V. (2017). The most harmful invasive plant species for native phytodiversity of protected areas of Ukraine. *Biological systems*, 9(1), 87-107. <http://ibhb.chnu.edu.ua/biosystem/t9-v2-2017>] (in Ukrainian)
- Кузнецова, О.А., Туренко, В.П., Товстуха, О.В., Давиденко, К.В. (2023). Поширеність хвороб і шкідників дерев роду *Ulmus* у лісових смугах уздовж автошляху Київ–Харків. *Forestry & Forest melioration*, 143, 112-121. [Kuznetsova, O.A., Turenko, V.P., Tovstukha, O.V., & Davydenko, K.V. (2023). Pest and disease incidence of *Ulmus* sp. in forest shelter belts along the Kyiv-Kharkiv highway. *Forestry & Forest melioration*, 143, 102-111. <https://doi.org/10.33220/1026-3365.143.2023.112>] (in Ukrainian)
- Мешкова, В.Л., Зінченко, О.В. (2016). Прогнозування зміни санітарного стану соснових насаджень, ослаблених різними чинниками, у свіжому суборі лісостепової частини Харківської області. *Український ліс*, 1, 83-89. [Meshkova, V.L., & Zinchenko, O.V. (2016). Prediction of changes in the health condition of stands deteriorated by various factors in the fresh relatively poor forest site conditions of the forest-steppe part of the Kharkiv region. *Ukrainian forest*, 1, 83-89] (in Ukrainian)
- Мешкова, В.Л., Колєнкіна, М.С. (2016). *Масові розмноження соснових пильщиків у насадженнях Луганської області*. Харків: Планета-Прінт. [Meshkova, V.L., & Kolienkina, M.S. (2016). *Mass propagation of pine sawflies in the stands of the Luhansk region*. Kharkiv: Planeta-Print. ISBN 978-617-7229-29-1] (in Ukrainian)
- Мешкова, В.Л. (2020). *Методичні вказівки з нагляду, обліку та прогнозування поширення шкідників і хвороб лісу для рівнинної частини України*. Харків: Планета-прінт. [Meshkova, V.L. (Ed.) (2020). *Methodical Guidelines for a Survey, Assessment and Forecasting of the Spread of Forest Pests and Diseases for the Lowland Part of Ukraine*. Kharkiv: Planeta-Print. ISBN 978-617-7897-00-1] (in Ukrainian)
- Мешкова, В.Л., Мороз, С.М., Кузнецова, О.А. (2024). Бактеріальна водянка в'яза низького (*Ulmus pumila*) на сході України. Сучасний стан, проблеми і перспективи лісівничої освіти, науки та виробництва: матеріали IV Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції (Біла Церква, 19 квітня 2024 р.). Біла Церква: БНАУ, 2024. С. 174-176. [Meshkova, V.L., Moroz, S.M., & Kuznetsova, O.A. (2024). Bacterial wetwood of Siberian elm (*Ulmus pumila* L.) on the south of Ukraine. Current state, problems and prospects of forest education, science and management: Proc. of the IV International Scientific and Practical Internet Conference (Bila Tserkva, April 19, 2024). Bila Tserkva: BNAU] (in Ukrainian)
- Пузріна, Н.В., Явний, М.І. (2020). *В'язові насадження Київського Полісся України: лісівничий і санітарний стан*. Київ: НУБіП України. [Puzrina, N.V., & Yavny, M.I. (2020). *Elm stands of the Kyiv Polissia of Ukraine: silvicultural and health condition*. Kyiv: National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine] (in Ukrainian)
- Санітарні правила в лісах України* (2016). Затв. Наказом Міністерства аграрної політики та продовольства від 26.10.2016 № 756 [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-95-п>. [Sanitary Forests Regulations in Ukraine (2016). [Electronic resource]. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine No 756 dated 26 October 2016. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/756-2016-%D0%BF#n11> (accessed 02.02.2024)] (in Ukrainian)
- Шлапак, В.П., Масловата, С.А. (2017). Використання представників роду *Ulmus* L. в озелененні та створенні ландшафтних композицій. *Науковий вісник НЛТУ України*, 27(1), 11-14. [Shlapak, V.P., & Maslovata, S.A. (2017). The use of plants of the genus *Ulmus* L. in landscaping and landscape arrangements. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 27(1), 11-14. <https://doi.org/10.15421/40270101>] (in Ukrainian)

### Симптоми санітарного стану в'яза низького (*Ulmus pumila* L.) у Лівобережній Україні

В.Л. Мешкова<sup>1</sup>, О.А. Кузнецова<sup>2</sup>,  
В.П. Туренко<sup>3</sup>

В'яз низький (*Ulmus pumila* L.) поширений у пустельних і напівпустельних регіонах Китаю, де він захищає ґрунт від ерозії та закріплює піски. Завдяки швидкому росту, зимостійкості, низькій

<sup>1</sup> Мешкова Валентина Львівна – академік Лісівничої академії наук України, керівник Східного відділення ЛАН України, доктор сільськогосподарських наук, професор. Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г.М. Висоцького, вул. Григорія Сковороди, 86, Харків, 61024, Україна. E-mail: Valentynameshkova@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6483-2736>

<sup>2</sup> Кузнецова Олена Анатоліївна – аспірантка. Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г.М. Висоцького, вул. Григорія Сковороди, 86, Харків, 61024, Україна. E-mail: urbanscapeke@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-8079-9186>

<sup>3</sup> Туренко Володимир Петрович – доктор сільськогосподарських наук, професор. Державний біотехнологічний Університет, вул. Алчевських, 44, Харків, 61000, Україна. E-mail: turenko065@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7432-6965>

вибагливості до родючості й вологості ґрунту та спроможності поширюватися за сприятливих умов, *U. pumila* культивують у лісах, зелених насадженнях населених пунктів і захисних смугах уздовж полів, залізниць та автошляхів. У деяких регіонах *U. pumila* виявився резистентним до голландської хвороби в'язів та вертицильозу, але сприйнятливим до бактеріальної водянки.

Санітарний стан дерев зазвичай оцінюють за виглядом крони та стовбура за категоріями санітарного стану. Водночас листяні дерева, уражені ядровою гниллю або на початкових стадіях заселення ксилофагами, часто за станом крон оцінюють як здорові. І навпаки – листяні дерева з наявністю сухих гілок та оцінені четвертою категорією санітарного стану, можуть відновити крону і залишатися життєздатними на десятки років.

Ми припустили, що деякі симптоми, оцінені візуально, можуть бути пов'язані зі специфічними типами патології або свідчити про латентний розвиток хвороби, яку важко діагностувати візуально.

Метою дослідження було виявлення зв'язків між поширенням візуально оцінюваних симптомів ослаблення *U. pumila* та деревами з підтвердженими ознаками бактеріальної водянки та голландської хвороби в'язів.

У червні-вересні 2023 р. було обстежено лісову смугу уздовж траси М 03, яка проходить територією Київської, Полтавської та Харківської областей. У цьому дослідженні проаналізовано дані стосовно 624 дерев *U. pumila* на одинадцяти пробних площах, зокрема діаметр на висоті 1,3 м (DBH), категорію санітарного стану, дефоліацію, поширення сухих гілок, водяних пагонів, поселень короїдів, окоренових гнилей і сухобочин. За сукупністю показників виділено та розглянуто чотири

групи дерев: із симптомами бактеріальної водянки; голландської хвороби в'язів; ослаблених із невідомою етіологією (симптоматичні дерева); без видимих симптомів ослаблення (асимптоматичні дерева).

Встановлено, що діаметр симптоматичних дерев був значуще меншим, ніж асимптоматичних та уражених голландською хворобою. Діаметр дерев, уражених бактеріальною водяною, відрізнявся незначуще. Середній індекс санітарного стану становив від 2,5 стосовно асимптоматичних дерев, до 3,3 – для інфікованих бактеріальною водяною та 3,5 – для інфікованих голландською хворобою. Серед дерев, інфікованих голландською хворобою, визначено найбільший рівень дефоліації та найменше поширення водяних пагонів. Заселеність короїдами дерев, інфікованих бактеріальною водяною, значуще збільшувалася по мірі збільшення індексу санітарного стану та дефоліації та зменшувалася по мірі зменшення діаметра стовбурів.

Аналіз головних компонент підтвердив найвищу асоційованість заселеності короїдів із ураженням дерев голландською хворобою в'язів, асоційованість поширення водяних пагонів із ураженням дерев бактеріальною водяною, а поширення сухих гілок у кронах – із іншими симптоматичними деревами.

Серед розглянутих груп дерев симптоматичні дерева посідають проміжне місце за індексом санітарного стану. Хоча вони не виявляють прямих ознак грибної чи бактеріальної хвороби, погіршення їхнього стану може свідчити про латентну інфекцію.

**Ключові слова:** голландська хвороба в'язів; бактеріальна водянка; дефоліація; сухі гілки; водяні пагони; заселення короїдами.



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

<http://fasu.nltu.edu.ua>  
<https://doi.org/10.15421/412413>  
Article received 2024.07.21  
Article accepted 2024.10.18

ISSN 1991-606X print  
ISSN 2616-5015 online  
@ ✉ Correspondence author  
Volodymyr P. Pasternak  
[pasternak65@ukr.net](mailto:pasternak65@ukr.net)

86 Hryhoriy Skovoroda st., Kharkiv, 61024, Ukraine

УДК 630.181.28 \*232

## Patterns of natural regeneration of pine forests in the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine

V. P. Pasternak<sup>1</sup>, T. S. Pyvovar<sup>2</sup>, A. V. Garmash<sup>3</sup>

*The study of natural regeneration in pine stands, widespread in the Forest-Steppe of Ukraine, is crucial for transforming forest management towards sustainable, close-to-nature practices. This study aims to reveal the features of the natural regeneration of pine stands in the Left-bank Forest-Steppe of Ukraine, based on data from sample plots in Kharkiv and Sumy regions.*

*Natural regeneration in pine-dominated stands is characterized by an age of 4-8 years and a low number of plants per hectare (1,000 [500-2,000]), with few plots containing enough regeneration (over 3,000 plants per hectare) to form a new forest stand without additional planting. The regeneration in the plots varies by species composition: pure Scots pine (*Pinus sylvestris* L.), pure English oak (*Quercus robur* L.), pine-oak mix in different proportions with accompanying species (Silver birch (*Betula pendula* Roth.), Small-leaved lime (*Tilia cordata* Mill.), or Scots elm (*Ulmus glabra* Huds.) or without any accompanying species.*

*A statistical analysis revealed that only vegetation cover significantly influences the presence of regeneration: at lower vegetation cover, the occurrence of natural regeneration is significantly higher. No significant correlation was found between the amount of renewal and the relative density of parent stands. No significant correlation is found between the density of regeneration and the relative density of stocking, and ground vegetation cover. A significant difference in the density of regeneration depending on its species composition was shown: the lowest number was observed in pure pine regeneration biogroups, slightly higher in pine regeneration with the admixture of other broad-leaved species (without oak), and the highest number was in the most diverse regeneration, containing a mixture of pine, oak, and other broadleaved species. A significant decrease in the number of naturally regenerating plants was revealed during the observation period at the monitoring sites.*

**Key words:** species composition, *Pinus sylvestris* L., density of stocking, ground vegetation cover, trophotop.

**Introduction.** In the climate change conditions and increased anthropogenic impact, attention to the processes of forest regeneration, their substantiation, and practical implementation is increasing (Vacek et al., 2016; Майпер, Кайдик, 2016). Scots pine-dominated

stands in the Left-bank Forest-steppe of Ukraine are widespread, they cover more than 240,000 hectares (Terentiev et al., 2023), with a significant portion of pure even-aged stands. Such stands are not resistant to pests (bark beetles) and have the highest wild fire

<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 Hryhoriy Skovoroda st., Kharkiv, 61024, Ukraine. E-mail: [pasternak65@ukr.net](mailto:pasternak65@ukr.net) ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1346-1968>

<sup>2</sup> Tetiana S. Pyvovar – Corresponding Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, PhD in Agricultural Sciences, Senior Researcher, the G. M. Vysotsky Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration, 86 Hryhoriy Skovoroda st., Kharkiv, 61024, Ukraine. E-mail: [pyvovar@ukr.net](mailto:pyvovar@ukr.net) ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7250-8549>

<sup>3</sup> Anna V. Garmash – Senior Teacher of the Department of Forest Cultures, Melioration and Horticulture, State Biotechnological University, 44 Alchevskyh st., Kharkiv, 61002, Ukraine. E-mail: [garmash1505@gmail.com](mailto:garmash1505@gmail.com) ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1874-094X>

hazard. At the same time, according to V. Meshkova (2021), the area of Scots pine stands has halved over the last decade. Considering the projected decrease in Scots pine areas in Central European forests under the expected climate change (Buras, & Menzel, 2019; Vacek et al., 2016), and the current pine mortality rate in Ukraine, it is expedient to transform the existing pure Scots pine stands to mixed forests (with admixture of *broadleaved* species).

Features of pine natural regeneration are quite well studied in the Ukrainian Polissia (Білоус, 2006; Сендонін, Білоус, 2013; Siruk, Turko, & Pechenjuk, 2017; Захарчук, 2017; Маурер, Кімейчук, 2020; Бородавка та ін., 2021, 2023) and less so in the Forest-Steppe zone (Салтиков, 2014; Гармаш, 2019; Garmash et al., 2023), Western Ukraine (Roztochia area) (Lavnyy et al., 2022) and the Steppe zone (Салтиков, 2014; Дубина, Рева, Шульман, 2018).

In the Forest zone (Polissya), according to the study of Borodavka et al. (2023), it was shown that in sparse pine stands, natural regeneration of oak-pine biogroups occurs with better growth of oak regeneration. The authors proposed the use of oak natural regeneration for reforestation of pine stands, which is in line with the principles of close-to-nature forestry. On lands unsuitable for agricultural production in the Chernihiv Polyssia, relatively satisfactory regeneration of pine occurs in stripes 70-100 m wide adjacent to the forest (Білоус, 2006). A study in Finland (Rouvinen, & Kouki, 2011) showed, that even small gaps in stand canopy can be used to create the diverse structure of the dominant species: Scots pine and silver birch.

Studies conducted by Ukrainian researchers on the natural regeneration of Scots pine in different forest site conditions of Polissya and the Forest-steppe (Сендонін, Білоус, 2013; Маурер, Кайдик, 2016) show that natural regeneration is most productive in fresh fairly poor and poor forest site conditions, where competition with grass cover is not so high. The success of natural regeneration depends on the spatial location of the felling area in relation to the cardinal points and the location of the forest border. To reduce the competition with the ground vegetation and to achieve the formation of stands of optimal composition, further tending treatments are required. Similar conclusions are made by scientists from Poland (Przybylski et al., 2021), who showed that the regeneration potential of pine stands in Central Europe depends mainly on the habitat and the competitive pressure. Also, the authors revealed a correlation between genetic features and the regeneration potential of pine. In the Steppe zone of Ukraine, the presence of litter has a positive effect on English oak and Scots pine germination in pine stands (Дубина, Рева, Шульман, 2018).

Our previous studies showed that under the canopy of a forest stand with a relative density above 0.7, the natural regeneration is not successful, primarily due to competition for light. Small canopy gaps provide

more favourable conditions for natural regeneration, while in large gaps, conditions for natural regeneration are less favorable due to increased competition with ground vegetation (Гармаш, 2019; Garmash et al., 2023). Viable natural regeneration was recorded in all forest types, but it is mostly clustered. In some sample plots in fairly fertile forest site conditions ( $C_2$ ), there was no regeneration due to a dense understorey layer (Гармаш, Пастернак, 2022).

The analysis of the latest research on this issue revealed gaps in knowledge about the process of natural regeneration in the Forest Steppe of Ukraine.

The aim of the study is to reveal the quantitative and qualitative features of pine stands natural regeneration in the Left-bank Forest-Steppe of Ukraine.

**Material and methods.** The processes of the formation of natural regeneration were studied under the canopy of Scots pine-dominated forests and in open non-forest areas located near pine stands. The study used data from 33 sample plots in pine stands and from 5 sites located in non-forested areas in Sumy and Kharkiv regions of Ukraine. The dynamics of natural regeneration was analysed based on observations in the 2011-2023 period in 10 intensive monitoring plots in Kharkiv region (State Specialised Forest Enterprise (SE) "Forests of Ukraine" (branch "Zhovtneve Forestry"), SE "Skrypaivske educational and research forestry" (Skrypaivske ERF), National Nature Park "Slobozhanskyi").

The region of study is located in the Left-bank Forest-Steppe of Ukraine: according to forestry zoning at the East European Forest-Steppe and part of the Left Bank-Dnieper (Northern and Southern regions of the Poltava plain) forest-steppe districts of the Forest-steppe region (Генсіпук, 2002) and within the Prydonetsky and Vorsklo-Pselsky sectors of the Slobozhansky district of the forest typological region of the fresh temperate climate (Остапенко, 2003).

The sample plots in the pine stands are located in the most common forest types:  $B_2$ -oak-pine,  $C_2$ -lime-oak-pine (Table 1). The pine stands in sample plots have the following average evaluation characteristics:  $B_2$ -oak-pine – 79 years old, relative density of stocking 0.75, site class Ia,7,  $C_2$ -lime-oak-pine – 76 years old, relative density of stocking 0.75, site class Ia,1.

In sample plots and intensive monitoring plots, natural regeneration was assessed in two circular subplots with an area of 10 m<sup>2</sup> each, where the distribution of regeneration by tree species, age groups, height class and viability groups was assessed. The following age groups were used: 1-3 years, 4-8 years, 9 years, and older; three height classes were used: small (up to 0.5 m), medium (0.51-1.3 m), and large (above 1.3 m). The total ground vegetation cover and its species composition was evaluated within the entire area of sample plots and its impact on natural regeneration and unmanaged forest crops was analyzed.

The number of naturally regenerated trees is given after recalculation of the number of plants per sample plot into the number of plants per hectare. For the

analysis, we divided our sample plots into classes: presence or absence of regeneration, regeneration density classes (0,500-1,500, 1,600-2,900; 3,000-4,900; 5,000-8,500 plants per hectare), relative density of stocking of parent stand (0.5-0.64, 0.65-0.74,

0.75-0.92), ground vegetation cover classes (15-30 %, 40-50 %, 55-65 %, >75 %), categories of regenerating species composition (Pine (*Pinus sylvestris* L.); English oak (*Quercus robur* L.); Pine with admixture of other spp.; Pine and Oak; Pine, Oak and other spp.).

**Table 1. Distribution of sample plots by forest site conditions and relative density of stocking**

| TFSC           | Relative density of stocking |         |         |         |       | Total |
|----------------|------------------------------|---------|---------|---------|-------|-------|
|                | 0.5-0.6                      | 0.6-0.7 | 0.7-0.8 | 0.8-0.9 | 0.9-1 |       |
| B <sub>2</sub> | 1                            | 6       | 10      | 6       | 2     | 25    |
| C <sub>2</sub> | 1                            | 1       | 2       | 3       |       | 7     |
| C <sub>3</sub> |                              |         | 1       |         |       | 1     |
| Total          | 2                            | 7       | 13      | 9       | 2     | 33    |

TFSC – type of forest site condition according to Alekseev-Pogrebniak

Standard statistical methods were used to determine the normality of the distribution (Shapiro-Wilk's test). According to it, the distribution of regenerating plants is not normal ( $W = 0.7549$ ;  $P < 0.0001$ ). Therefore, we used the non-parametric method – Kruskal-Wallis's test to compare regeneration abundance between groups. For the assessment of regeneration abundance dynamics, we used the Wilcoxon Signed-Rank Test, for categorical variables distribution we used the Chi-square method. Spearman's and Kendall's rank correlations were applied. For all analyses, we used the software MedCalc (free version).

**Results and discussion.** After analyzing the obtained data, it can be noted that the natural regeneration of pine is successful only under certain ecological conditions, and first of all, in the canopy gaps, along the edge of meadows.

Out of 33 sample plots in Scots pine-dominated forests, natural regeneration was revealed in 27 plots (81.8 %). The studied natural regeneration mainly belongs to the age group of 4-8 years, with single older regenerating trees, which is associated with increased competition. The plants are mostly growing in biogroups. The species composition of natural regeneration in the surveyed pine stands is quite variable ranging from pure Scots pine, and pure English oak, to Scots pine and English oak mixtures in different proportions with or without other accompanying broadleaved species, particularly silver birch (*Betula pendula* Roth.), small-leaved lime (*Tilia cordata* Mill.), and Scots elm (*Ulmus glabra* Huds.) in more fertile forest site conditions (Table 2). Pine in regeneration occurred in 21 sample plots, oak was the second most frequent (19 out of 27 plots).

**Table 2. Species composition of natural regeneration and its density**

| Categories of species composition | Number of plants per hectare |       |        |                    | N (plots) |
|-----------------------------------|------------------------------|-------|--------|--------------------|-----------|
|                                   | Min                          | Max   | Median | Percentile [25-75] |           |
| Pine                              | 500                          | 1,000 | 500    | [500-500]          | 6         |
| Pine + other spp.(non-Oak)        | 2,000                        | 2,000 | 2,000  | [2,000-2,000]      | 2         |
| Pine and Oak                      | 1,000                        | 8,500 | 1,500  | [1,375-2,000]      | 9         |
| Pine, Oak + other spp.            | 1,500                        | 5,500 | 3,000  | [1,750-4,750]      | 4         |
| Oak                               | 500                          | 2,500 | 1,250  | [500-2250]         | 4         |
| Oak + other spp.                  | 1,000                        | 3,500 | 2,250  | [1,000-3,500]      | 2         |
| All with regeneration             | 500                          | 8,500 | 1,000  | [500-2,000]        | 27        |

Pine – *Pinus sylvestris*, Oak – *Quercus robur*, Other – *Betula pendula*, *Tilia cordata*, *Ulmus scabra*

The Kraskell-Wallace test revealed a significant difference in the number of plants by groups of species composition (Kraskell-Wallace = 22,7675;  $P = 0.000667$ ). Particularly, the lowest number of plants is observed if regeneration is formed exclusively by pine, further, the number is slightly increas-

ing in pine with an admixture of other broadleaved accompanying species (without oak), and in the case of pure oak regeneration. The highest density of regeneration is observed in more diverse biogroups – the mixture of pine, oak, and other broadleaved species (see Table 2).

The positive effects of species diversity on regeneration success are consistent with the theory of niche differentiation, which suggests that species with different ecological requirements can coexist more effectively, reducing direct competition and enhancing overall ecosystem productivity. These findings underscore the importance of promoting species diversity in forest regeneration efforts to achieve more resilient and productive forest ecosystems.

Regeneration is viable, the number per hectare ranges from 500 to 8,500 plants (see Table 2). According to standards for reforestation and acceptance of natural regeneration for the Forest-Steppe (Інструкція з проектування..., 2010) the sufficient density of regeneration is considered as  $\geq 3\,000$  plants per hectare, and such amount does not require additional planting. Among the study plots, only four ones (14.8 %) have a sufficient number of plants of natural regeneration (3,500-8,500 plants per hectare). It means, that rather a low share of natural regeneration can form new forests without additional planting of forest seedlings. There is a risk that Scots pine forests will degrade, either due to replacement by broadleaved trees or by conversion into non-forest ecosystems without silvicultural activities to support natural regeneration and planting of partial forest crops.

The analysis of density of natural regeneration depending on relative density of stocking of parent stand showed that median amounts of natural regeneration per hectare in sample plots (Table 3) are the highest at lower relative density of stocking (0.5-0.64), and decrease with increasing density of parent stands. However, the statistical analysis (using the Kraskell-Wallace criterion) did not reveal any significant differences in the amount of regeneration by classes of the relative density of stocking (Table 3) ( $P > 0.05$ ).

**Table 3. Number of regenerating plants per hectare by relative density of stocking classes**

| Density of stocking class | Median | Percentile [25-75] | N  |
|---------------------------|--------|--------------------|----|
| 0.5-0.64                  | 2,000  | 1,500-2,500        | 6  |
| 0.65-0.74                 | 1,750  | 500-2,000          | 10 |
| 0.75-0.92                 | 500    | 0-1,500            | 17 |
| Kraskell-Wallace test     | 5.4    |                    |    |
| P                         | 0.06   |                    |    |

Natural regeneration density is higher in B (fairly poor) and lower in C (fairly fertile) trophotopes (Table 4), however the difference in classes is not significant (according to the Kraskell-Wallace criterion) ( $P > 0.05$ ). The same situation is with ground vegetation cover (Table 5).

**Table 4. Number of regenerating plants per hectare by trophotop classes**

| Trophotop class       | Median | Percentile [25-75] | N  |
|-----------------------|--------|--------------------|----|
| B                     | 1,500  | 500-2,000          | 25 |
| C                     | 500    | 0-1,500            | 8  |
| Kraskell-Wallace test | 2.16   |                    |    |
| P                     | 0.14   |                    |    |

**Table 5. Number of regenerating plants per hectare by ground vegetation classes**

| Vegetation cover, class | Median | Percentile [25-75] | N  |
|-------------------------|--------|--------------------|----|
| 15-30%                  | 1,250  | 0-2,000            | 14 |
| 40-50%                  | 750    | 500-1,500          | 12 |
| 55-65%                  | 1,750  | 1,500-2,500        | 6  |
| 75%                     | 2,000  | 2,000-2,000        | 1  |
| Kraskell-Wallace test   | 3.3    |                    |    |
| P                       | 0.3    |                    |    |

The graphical analysis of natural regeneration distribution depending on the relative density of stocking and total cover of ground vegetation did not reveal any regularities (Fig.).

There is a trend to negative correlation (both Spearman and Kendall) between the relative density of stocking and density of natural regeneration, but it is not statistically significant at the 0.05 level (Table 6). For the ground vegetation cover the correlation analysis also did not reveal a significant correlation.

**Table 6. Results of rank correlation analysis of regeneration density with relative density of stocking and vegetation cover**

| Statistics Index             | Relative density of stocking | Vegetation cover |
|------------------------------|------------------------------|------------------|
| N                            | 33                           | 33               |
| Spearman coefficient (rho)   | -0.339                       | 0.234            |
| P                            | 0.0534                       | 0.1899           |
| Kendall's $\tau$ coefficient | -0.236                       | 0.215            |
| P                            | 0.0516                       | 0.0815           |

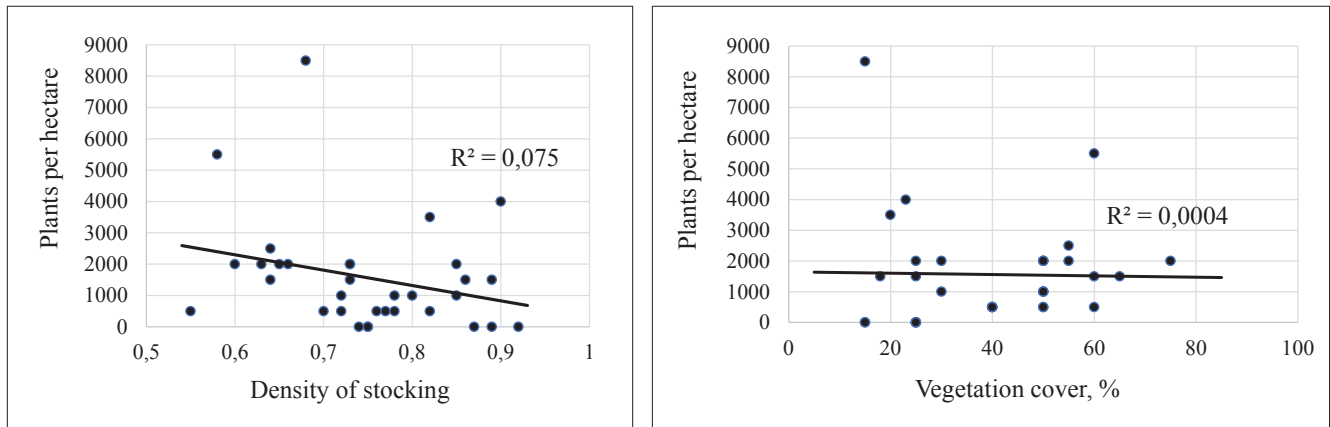


Fig. Distribution of the number of natural regeneration per hectare in Scots pine stands by the relative density of stocking (left) and ground vegetation cover (right)

The statistical analysis by the Chi-square method of regeneration presence/ absence by the relative density of stocking classes of parent forest stand revealed that only the frequencies of species composition categories of regeneration differ significantly (Chi-square = 21.684;  $P = 0.0412$ ).

The study of natural regeneration in dynamics based on the repeated observations in the monitoring plots showed that a small regeneration (age 1-2

years) often forms a brush, but most of it does not live to be 3-4 years old. Ground vegetation has a particularly negative effect on small regeneration growth. For 4 years between observations in 10 monitoring plots, the number of regenerating plants in most plots decreased by more than 30% due to unfavourable conditions of lighting and moisture, development of the ground vegetation and damage to seedlings (Гармаш, Пастернак, 2022) (Table 7).

Table 7. Dynamics of natural regeneration number in monitoring plots

| ID                 | Trophotop | Relative density of stocking | Plants per hectare |               | Species composition of regeneration |                    |
|--------------------|-----------|------------------------------|--------------------|---------------|-------------------------------------|--------------------|
|                    |           |                              | 1*                 | 2*            | 1*                                  | 2*                 |
| 327                | B         | 0.63                         | 2,000              | 2,000         | Pine & other                        | Pine & Oak         |
| 351                | B         | 0.64                         | 2,500              | 1,500         | Oak                                 | Oak & other        |
| 637909             | B         | 0.65                         | 2,000              | 1,000         | Pine & Oak                          | Pine & Oak         |
| 631309             | B         | 0.68                         | 8,500              | 6,000         | Pine & Oak                          | Pine & Oak         |
| 32485              | B         | 0.7                          | 500                | 1,000         | Pine                                | Pine               |
| 33760              | B         | 0.77                         | 500                | 500           | Oak                                 | Oak                |
| 409                | C         | 0.82                         | 3,500              | 1,000         | Oak & other                         | Oak & other        |
| 333                | B         | 0.85                         | 2,000              | 1,000         | Oak                                 | Oak & other        |
| 341                | B         | 0.86                         | 1,500              | 1,000         | Pine, Oak & other                   | Pine & Oak         |
| 352                | B         | 0.9                          | 4,000              | 3,000         | Pine, Oak & other                   | Pine & Oak & other |
| Median             |           |                              | 2,000              | 1,000         |                                     |                    |
| Percentile [25-75] |           |                              | [1,500-3,500]      | [1,000-2,000] |                                     |                    |

\* cycle of observation

The revealed decrease in regeneration density is significant (according to the Wilcoxon Signed-Rank Test ( $P = 0.0156$ )). No significant changes in species composition categories were revealed, while the proportion of species changed in 2 plots.

An analysis revealed that regeneration presence/ absence distribution by ground vegetation cover classes is significantly different (Chi-square = 9.952;

$P = 0.0190$ ): at lower vegetation cover the occurrence of natural regeneration is significantly higher than in higher vegetation cover. There was no significant difference in the presence of regeneration according to both forest site condition and stocking density classes.

Considering the results, we studied the influence of ground vegetation on natural regeneration in various environmental conditions.

Ground vegetation in sample plots is variable, but quite often it is represented by wood small-reed (*Calamagrostis epigeios* (L.) Roth). In large gaps in the forest stand, ground vegetation increases phytomass due to the better light regime. Intensive vegetative reproduction, the appearance of seed specimens, allows them to quickly take over the territory and prevent the development of natural regeneration, usually, single individuals of the regeneration survive in such areas.

A study of vegetation showed that the typical forest ground vegetation is preserved only in the first year after clear-cutting. Wood small-reed usually has low abundance after felling. In the second year after felling this plant is actively mastering the living space, and in the third – it forms a solid carpet and powerful rhizome “pillows”, the average height of the plants can exceed one meter. The species diversity of plants in the cutting area is sharply reduced, with the dominance of the wood small-reed (50-70%) (Table 8). The influence of grasses turned out to be one of the main factors inhibiting the growth and development of the regeneration. M. Bilous (Білоус, 2006) also draws attention to the negative impact of cereal vegetation on the processes of natural regeneration.

**Table 8. Dynamics of (*C. epigeios*) development in pine stands**

| Site characteristics        | The main indicators of the dominant plant |                    |
|-----------------------------|-------------------------------------------|--------------------|
|                             | Vegetation cover, %                       | Average height, cm |
| Non-forest area             | 64.2±1.3                                  | 105.8±1.7          |
| Canopy gaps                 | 87.4±2.6                                  | 128.9±1.2          |
| 3 years after clear cutting | 42.5±0.8                                  | 88.5±1.3           |
| 5 years after clear cutting | 59.8±0.8                                  | 105.0±2.4          |
| 6 years after clear cutting | 67.3±0.9                                  | 137.6±11.0         |

Scots pine is characterized by its wide ecological plasticity and genetic variability across its natural range (Didukh, 2011, Brichta et al., 2023), and it is one of the pioneer tree species, which can spread on non-forest lands.

On non-forest lands on the abandoned sand quarry surrounded by pine forest located in SFE “Forests of Ukraine”, Branch “Zhovtneve Forestry” mean density of seedlings is 3,500-5,000 plants·ha<sup>-1</sup>, which is sufficient for forming a new forest. The average age is 3-5 years, height – 0.3-1.0 m. Species composition is more diverse than in the case of natural regeneration under forest canopy: it includes Scots pine, silver birch, European ash (*Fraxinus excelsior* L.), aspen (*Populus tremula* L.), white poplar (*Populus alba* L.), several species of willows. Conditions at the site are favourable for regeneration growth, as moisture conditions are good – low relief, there is a lake nearby, which indicates a high level of groundwater, and a forest edge that serves as a seed source. Also, there is no dense grass cover.

In the treeless zone, 4 trial strip plots were laid out at different distances (10, 20, 40, and 60 meters) from the edge of the pine stand to study biogroups of natural regeneration. (SE “Skripaivske ERF” “Sheludkivski pisky”, compartment 161) in fresh poor forest site conditions (A<sub>2</sub>). At the site, the forest vegetation cover was disturbed due to the influence of anthropogenic factors. Regeneration biogroups are formed by Scots pine plants with 3 to 16 years and density from 7,700 to 1,300 plants·ha<sup>-1</sup> (Table 9). The natural regeneration density gradually decreases with distance from the parent stand. The study showed that at the strip of 10-50 m near the forest edge, the amount of regeneration is sufficient (>3,000 plants per hectare) to form a new pine forest. Outside this 50-meter strip, seedlings’ density decreases to 1,300 plants·ha<sup>-1</sup>.

In non-forested areas, wood small-reed has less growth energy, because it competes with other plants. Within the canopy gaps, it usually progresses in small areas, especially at lighted sites.

Thus, our study showed that natural regeneration in pine stands is viable but often insufficient, and requires appropriate assistance measures.

In different eco-regions limiting factors for natural regeneration are different: for example, in Germany (Zerbe, & Kreyer, 2007) it is game browsing pressure. The study (De Frutos et al., 2022) indicates that water deficit is a major limiting factor for the natural regeneration of pine stands. Extreme climatic conditions exacerbating water stress can inhibit seed germination, seedling growth, and overall regeneration success. Our research showed that ground vegetation cover is a main limiting factor for regeneration growth.

**Table 9. Characteristics of regeneration in non-forest areas depending on distance from pine stand wall (Skripaivske ERF)**

| Indicators                   | Distance from pine stand wall, m |            |             |             |
|------------------------------|----------------------------------|------------|-------------|-------------|
|                              | 10 m                             | 20 m       | 40 m        | 60 m        |
| Mean H, cm                   | 231.7±5.50                       | 288.4±8.07 | 302.9±11.10 | 155.5±36.50 |
| Mean D, cm                   | 2.0±0.16                         | 2.9±0.19   | 3.6±0.27    | 1.6±0.07    |
| Number of plants per hectare | 7700                             | 6400       | 4200        | 1300        |

Currently, natural conditions have changed and become unfavourable for the development of forest regeneration. For example, high relative density of stocking of forest stands guarantees the maximum use of typological potential during forest cultivation but does not provide the presence of canopy gaps for regeneration. The system of final fellings, namely clear-cut, also in most cases leads to the loss of natural regeneration positions, as it is favorable for ground vegetation and not for natural regeneration. The activities to support natural regeneration, which are used in the Polissya, are not always successful in the Left Bank Forest Steppe.

**Conclusions.** Natural regeneration in Scots pine-dominated forest stands in relatively fairly poor (B) and relatively fairly fertile (C) forest site conditions in the Left-Bank Forest-steppe of Ukraine is characterized by the age of 4-8 years and a low number of plants per hectare (1,000 [500-2,000]), with few plots containing enough regeneration (over 3,000 plants per hectare) to replace forest stand without additional planting. The regeneration varies by species composition: pure Scots pine, pure English oak, pine-oak mix in different proportions with or without accompanying species (silver birch, small-leaved lime, or elm). A significant difference in the density of regeneration of various species composition was shown.

The presence of canopy gaps and low vegetation cover contribute to the success of natural regeneration in pine stands. Vegetation cover, particularly the dominance of wood small-reed (*Calamagrostis epigeios* (L.) Roth) is one of the main limiting factor for regeneration growth in a forest stand.

During the period of 2-3 years after clear-cutting of pine stands rapid substantiation of forest ground vegetation by wood small-reed is observed, which creates unfavourable conditions for the natural regeneration of pine, due to competition.

A significant decrease in naturally regenerating plants is observed within 4 years.

The growth of pine regeneration in non-forest areas is successful if certain conditions are met: the presence of a seed source nearby, a distance of up to 50 meters from the pine stand, ground water availability, and low or disturbed vegetation cover.

**Acknowledgment.** The authors are grateful to Volodymyr Yarotskiy, for his valuable help with data collection on monitoring plots, the two reviewers and Valentyna Meshkova (Chief Researcher of entomology, phytopathology, and physiology department, URIFFM), who agreed to review the article before sending it to the journal and provided valuable comments and suggestions that improved the quality of the article.

We would like to thank the Armed Forces of Ukraine, local Territorial Defense Forces, Volunteers, and the entire Ukrainian nation for providing security to perform this work.

## References

- Brichta, J., Vacek, S., Vacek, Z., Cukor, J., Mikeska, M., Bilek, L., ... Štefančík, I. (2023). Importance and potential of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in 21-st century. *Central European Forestry Journal*, 69, 3-20. <https://doi.org/10.2478/forj-2022-0020>
- Buras, A., & Menzel, A. (2019). Projecting Tree Species Composition Changes of European Forests for 2061-2090 Under RCP 4.5 and RCP 8.5 Scenarios. *Frontiers in Plant Science*, 9, 1986. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01986>
- De Frutos, S., Bravo-Fernández, J.A., Roig-Gómez, S., Del Río, M., Ruiz-Peinado, R. (2022). Natural regeneration and species diversification after seed-tree method cutting in a maritime pine reforestation. *iForest*, 15, 500-508. <https://doi.org/10.3832/for4088-015>
- Didukh, Y.P. (2011). *The Ecological Scales for the Species of Ukrainian Flora and Their Use in Synphytoindication*. Kyiv: Phytosociocentre.
- Garmash, A.V., Gordiyshenko, A.Yu., Borysenko, O.I., & Pyvovar, T.S. (2023). Scots pine stands in the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Folia Forestalia Polonica, Series A – Forestry*, 65(3), 153-165. <https://doi.org/10.2478/ffp.2023-0015>
- Lavnyy, V., Spathelf, P., Kravchuk, R., Vytseha, R., & Yakhnytskyy, V. (2022). Silvicultural options to promote natural regeneration of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in Western Ukrainian forests. *Journal of Forest Science*, 68(8), 298-310. <https://doi.org/10.17221/73/2022-JFS>
- Meshkova, V. (2021). The Lessons of Scots Pine Forest Decline in Ukraine. *Environmental Sciences Proceedings*, 3(1), 28. <https://doi.org/10.17221/73/2022-JFS>
- Przybylski, P., Konatowska, M., Jastrzębowski, S., Tereba, A., Mohytych, V., Tyburski, Ł., & Rutkowski, P. (2021). The Possibility of Regenerating a Pine Stand through Natural Regeneration. *Forests*, 12. <https://doi.org/10.3390/f12081055>
- Rouvinen, S., & Kouki, J. (2011). Tree Regeneration in Artificial Canopy Gaps Established for Restoring Natural Structural Variability in a Scots Pine Stand. *Silva Fennica*, 45. <https://doi.org/10.14214/sf.88>
- Siruk, Y.V., Turko, V.M., & Pechenjuk, Y.P. (2017). Natural regeneration under pine stands in fresh pine forests of Zhytomyr Polissya area (Ukraine). *Forestry ideas*, 23, 2(54), 113-121. [https://forestry-ideas.info/issues/issues\\_Download.php?download=290](https://forestry-ideas.info/issues/issues_Download.php?download=290)
- Terentiev, A., Bala, O., Lakyda, P., & Bondar, H. (2023). Current state and productivity of Scots pine modal stands of the Forest Steppe of Ukraine. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*, 14(1), 105-123. <https://doi.org/10.31548/forest/1.2023.105>
- 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>

- Zerbe, S., & Kreyer, D. (2007). Influence of different forest conversion strategies on ground vegetation and tree regeneration in pine (*Pinus sylvestris* L.) stands: A case study in NE Germany. *European Journal of Forest Research*, 126, 291-301. <https://doi.org/10.1007/s10342-006-0148-0>
- Білоус, М.М. (2006) Природне поновлення лісових насаджень на непридатних для сільськогосподарського виробництва землях Чернігівського Полісся. *Наукові доповіді національного аграрного університету*. [Bilous, M.M. (2006). Natural regeneration of wood plantings on the unsuitable grounds for agricultural production of Chernigiv Polissya. *Scientific reports of the National Agrarian University*. Retrieved from <https://nd.nubip.edu.ua/2006-2/06bmmosp.html>] (in Ukrainian)
- Бородавка, В., Бородавка, О., Тарнопільська, О., Шевчук, В. (2021). Особливості природного поновлення сосни звичайної в умовах вологого дубово-соснового субору на зрубах вузьколісочісних рубок у Західному Поліссі. *Лісівництво і агролісомеліорація*, 137, 3-8. [Borodavka, V., Borodavka, O., Tarnopilska, O., & Shevchuk, V. (2021). Peculiarities of natural regeneration of Scots Pine after-ship felling in wet oak-pine forest in Western Polissya. *Forestry and Forest Melioration*, 137, 3-8. <https://doi.org/10.33220/1026-3365.137.2020.3>] (in Ukrainian)
- Бородавка, В., Бородавка, О., Кичилук, О., Гетьманчук, А., Войтюк, В., Андрєєва, В., Шепелюк, М. (2023). Використання *Quercus robur* L. природного походження у соснових молодняках Волинського Полісся. *Нотатки сучасної біології*, 4(2), 8-14. [Borodavka, V., Borodavka, O., Kychyliuk, O., Hetmanchuk, A., Voitiuk, V., Andreieva, V., & Shepeliuk, M. (2023). The use of natural renewal of *Quercus robur* L. in young pine forests of Volyn Polissya. *Notes in Current Biology*, 4(2), 8-14. <https://doi.org/10.29038/2617-4723-2022-2-2>] (in Ukrainian)
- Дубина, А., Рева, А., Шульман, М. (2018). Влияние лесной подстилки и мышевидных грызунов на процесс естественного семенного возобновления лесных биогеоценозов Днепропетровщины. *Питання степового лісознавства та лісової рекультивації земель*, 47, 82-86. [Dubina, A., Reva, O., & Shulman, M. (2018). Influence of forest litter and rodents on the natural seed renewal process of forest biogeocoenoses of Dnepropetrovskaya oblast. *Issues of steppe forestry and forest reclamation of soils*, 47, 82-86. <https://doi.org/10.15421/441811>] (in Russian)
- Гармаш, А.В. (2019). Соснові деревостани Лісостепу Харківщини: продуктивність і природне поновлення. *Лісівництво і агролісомеліорація*, 135, 14-23. [Garmash, A. (2019). Pine stands of Forest-Steppe zone of Kharkiv region: productivity and natural regeneration. *Forestry and forest melioration*, 135, 14-23. <https://doi.org/10.33220/1026-3365.135.2019.14>] (in Ukrainian)
- Гармаш, А.В., Пастернак, В.П. (2022). Динаміка природного поновлення в соснових лісах Лісостепу Харківщини за даними інтенсивного моніторингу. *Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції «Природничі науки: проекти, дослідження, перспективи» до 100-річчя факультету природничих наук. Миргород. ЛНУ ім. Т.Г. Шевченка*. [Garmash, A., & Pasternak, V. (2022). The dynamics of natural regeneration in the pine forests of the Forest Steppe of Kharkiv region according to the intensive monitoring data. *Proceedings of the III International Scientific and Practical Conference "Natural Sciences: Projects, Research, Prospects" dedicated to the 100th anniversary of the Faculty of Natural Sciences. Myrhorod. Luhansk Taras Shevchenko National University*] (in Ukrainian)
- Генсірук, С.А. (2002). *Ліси України*. Львів: Наукове товариство ім. Шевченка. [Gensiruk, S.A. (2002). *Forests of Ukraine*. Lviv: Shevchenko Scientific Society Publishing House] (in Ukrainian)
- Захарчук, В.А. (2017). Вплив екологічних чинників на відновлення лісових екосистем на перелогах Житомирського Полісся. *Агроекологічний журнал*, 4, 117-122. [Zaharchuk, V. (2017). Influence of ecological factors of forest ecosystem restoration on the floodplains of Zhytomyr Polissya. *Agroecological journal*, 4, 117-122. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2017.219847>] (in Ukrainian)
- Інструкція з проектування, технічного приймання, обліку та оцінки якості лісокультурних об'єктів. (2010). Наказ № 260 Державного комітету лісового господарства України, 19.08.2010, Київ. [Instruction on design, technical acceptance, accounting and quality assessment of forestry objects. (2010). Order No. 260 of the State Forestry Committee of Ukraine, 08/19/2010. Kyiv. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1046-10#n176>] (in Ukrainian)
- Маурер, В., Кайдик, О. (2016). *Екоадаптивне відтворення лісів*. Київ: Національний університет біоресурсів і природокористування України. [Maurer, V., & Kaidyk, O. (2016). *Eco-adaptive reproduction of forests*. Kyiv: National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine] (in Ukrainian)
- Маурер, В.М., Кімейчук, І.В. (2020). Динаміка чисельності та стан природного поновлення сосни звичайної на зрубах в умовах свіжої судіброви Київського Полісся. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*, 11(1), 45-54. [Maurer, V., & Kimeichuk, I. (2020). Features of age dynamics of natural regeneration of Scots pine in the fresh pine sites of Kyiv Polissya. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*, 11(1), 45-54. <https://doi.org/10.31548/forest2020.01.045>] (in Ukrainian)
- Остапенко, Б.Ф. (2003). Типи лісу рівнинної території України. *Науковий вісник УкрДЛТУ*, 13(3), 27-42. [Ostapenko, B.F. (2003). Forest types of plane territory of Ukraine. *Scientific Bulletin of the Ukrainian State Forestry University*, 13(3), 27-42. Retrieved from [https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2003/13\\_3/index2.htm](https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2003/13_3/index2.htm)] (in Ukrainian)

- Салтыков, А.Н. (2014) Структурно-функциональные особенности естественного возобновления придонских боров. Харьков: ХНАУ им. В.В. Докучаева. [Saltykov, A.N. (2014). Structural and functional features of natural regeneration of Pridonets pine forests. (2014). Kharkiv: the V.V. Dokuchaev Kharkiv National Agrarian University] (in Russian)
- Сендонін, С.Є., Білоус, М.М. (2013). Успішність природного насінневого поновлення сосни звичайної у найпоширеніших типах лісорослинних умов. *Наукові доповіді НУБіП України*, 1(37). [Sendonin, S., & Bilous, M. (2013). Success of natural seed regeneration of Scotch Pine at the common types of forest sites. *Scientific review of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*, 1(37). [http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nd/2013\\_1/13sse.pdf](http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nd/2013_1/13sse.pdf)] (in Ukrainian)

### Закономірності природного поновлення соснових лісів Лівобережного Лісостепу України

В.П. Пастернак<sup>1</sup>, Т.С. Пивовар<sup>2</sup>, А.В. Гармаш<sup>3</sup>

Вивчення природного поновлення в соснових деревостанах, які доволі широко розповсюджені у Лісостепу України, має важливе значення для трансформації лісового господарства у напрямі сталого, наближеного до природи лісівництва. Метою дослідження є виявлення особливостей природного поновлення соснових деревостанів у Лівобережному Лісостепу України на основі даних пробних площ і спостережень на ділянках моніторингу у Харківській та Сумській областях.

Природне поновлення у соснових лісах характеризується середнім віком 4-8 років і низькою кількістю рослин на гектарі (1000 [500-2000]). Густота підросту (понад 3000 рослин на 1 га) є достатньою для формування нового деревостану

без створення лісових культур. підріст сформований двома деревними видами – *Pinus sylvestris* L. та *Quercus robur* L. або обома деревними видами у різних пропорціях разом із супутніми деревними видами – *Betula pendula* Roth., *Tilia cordata* Mill., *Ulmus glabra* Huds.

Статистичний аналіз виявив, що лише рослинний покрив суттєво впливає на наявність підросту. У разі меншого проективного покриття густота надійного підросту значно вища. Не виявлено значущої кореляції між кількістю підросту та відносною повнотою материнських насаджень. Виявлено значну відмінність у густоті природного поновлення залежно від видового складу: найменшим цей показник виявився у чистих біогрупах сосни звичайної, дещо більшим – у випадку поновлення сосни із домішкою інших деревних видів (окрім дуба), а найвищим – у найрізноманітніших за складом біогрупах, що містять підріст сосни, дуба та інших листяних порід. Встановлено значне зменшення кількості рослин природного поновлення протягом періоду спостережень на моніторингових ділянках.

**Ключові слова:** видовий склад; *Pinus sylvestris* L.; повнота деревостану; надґрунтове вкриття; трофотоп.

<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. Григорія Сковороди, 86, Харків, 61024, Україна. E-mail: pasternak65@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1346-1968>

<sup>2</sup> Пивовар Тетяна Сергіївна – кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г.М. Висоцького, вул. Григорія Сковороди, 86, Харків, 61024, Україна. E-mail: pyvovar@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7250-8549>

<sup>3</sup> Гармаш Анна Василівна – старший викладач кафедри лісових культур, меліорацій та садово-паркового господарства, Державний біотехнологічний університет, вул. Алчевських, 44, Харків, 61002, Україна. E-mail: garmash1505@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1874-094X>



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

<http://fasu.nltu.edu.ua>  
<https://doi.org/10.15421/412414>

Article received 2024.06.11  
Article accepted 2024.10.18

ISSN 1991-606X print  
ISSN 2616-5015 online

@ ✉ Correspondence author

Pavlo Vandzhurak  
[pavlov.76@ukr.net](mailto:pavlov.76@ukr.net)

103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine

УДК 630\*533

## Вплив групово-вибіркової рубки на процес природного поновлення під наметом букового лісостану Покутських Карпат

П. І. Ванджурак<sup>1</sup>, Ю. М. Дебринюк<sup>2</sup>

*Групово-вибіркова (групово-поступова) рубка забезпечує добрий розвиток самосіву і підросту бука лісового в умовах вологої бучини. Кількість благонадійного підросту на другий рік після першого розширення вікон відновлення (другий прийом рубки) перевищує 21 тис. шт. на 1 га.*

*Через два роки після першого розширення вікон відновлення кількість самосіву і підросту становить 30,42 тис. шт. на 1 га, з них 1-річки (самосів) – 31,1; 2-3-річки – 28,2; 4-7-річки – 16,4; 8-15-річки – 10,7 та > 15 років – 13,6%. Розширення вікон відновлення стимулювало, насамперед, розвиток самосіву та дрібного підросту. У розрізі висотних груп найбільшу частку (32,2%) посідають рослини висотою до 9,9 см, які представлені переважно самосівом. Дрібний підріст ( $h = 10-19,9$  см) займає майже таку ж саму частку у природному поновленні (31,4%). Третю позицію посідає найбільший підріст ( $130$  см і >) – 15,6%, відзначено поступове його нагромадження у всіх віках відновлення. Меньшу, але помітну частку серед природного поновлення посідає підріст висотної групи 20-29,9 см (10,9%). Підросту інших трьох висотних груп (30-39,9; 40-69,9; 70-99,9 см) обліковано дуже мало (1,7; 1,7 та 1,8%). Підросту заввишки 100-129,9 см трохи більше (4,7%).*

*Співставлення розподілу букового самосіву і підросту за віковими та висотними групами дає підставу стверджувати, що 1-річні рослини входять до висотної групи до 10 см; 2-3-річні – переважно до висотної групи 10-20 см; 4-7-річні – до висотної групи 20-40 см, 8-15-річні – до висотної групи 40-100 см. Підріст, вік якого перевищує 15 років, має висоту 100 см і більше. Під час проведення перших кількох прийомів групово-вибіркової рубки можна значною мірою зберегти буковий підріст під пошкодження, звалюючи дерева у протилежний бік від вікон відновлення. Найбільше пошкоджується підріст висотою 1,0 м і вище. Поряд з цим, підріст з пошкодженою верхівкою та зламаними боковими пагонами протягом двох-п'яти років майже повністю регенерується.*

*Потрібно вчасно здійснювати розширення вікон відновлення. Незважаючи на добру регенераційну здатність пошкоджених рослин, не варто допускати нагромадження великомірному підросту, який найбільше пошкоджується під час здійснення чергових прийомів рубок.*

**Ключові слова:** природне поновлення; самосів; підріст; бук лісовий; вікові групи; висотні групи; збереження підросту.

**Вступ.** Під впливом кліматичних змін, інтенсивної експлуатації лісових ресурсів у природних екосистемах гірських лісів Європи, в т.ч. й Українських Карпат відбулися значні зміни, які відобразилися, насамперед, на здатності рослинних угруповань до самовідновлення. Це стосується також букових лісів, за рахунок яких значною мірою задовольняється попит у деревині всього європейського регіону. Тому питання ефективного відтворення лісових угруповань за участю *Fagus sylvatica* L.

вань до самовідновлення. Це стосується також букових лісів, за рахунок яких значною мірою задовольняється попит у деревині всього європейського регіону. Тому питання ефективного відтворення лісових угруповань за участю *Fagus sylvatica* L.

<sup>1</sup> Ванджурак Павло Іванович – аспірант. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: 032-237-80-94. E-mail: [pavlov.76@nltu.edu.ua](mailto:pavlov.76@nltu.edu.ua) ORCID: <http://orcid.org/0009-0007-5466-5824>

<sup>2</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. E-mail: [debryniuk\\_ju@ukr.net](mailto:debryniuk_ju@ukr.net) ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0994-349X>

є надзвичайно важливим, оскільки крім лісо-сировинних функцій, гірські ліси виконують середовищно-стабілізуючі функції, які впливають на клімат не лише Карпатського регіону, але й Європи, в т.ч. України загалом.

Запровадження суцільних рубок є причиною неповного використання потенційної продуктивності лісостанів, погіршує економічні показники в циклі «рубка – лісовідновлення – рубка», знижує ефективність виконання лісом захисних функцій, і як наслідок – стає причиною нераціонального використання лісового фонду (Генсірук, 1992; Криницький та ін., 2014; Ткач, Кобець, Румянцев, 2018). Тому значно ефективнішим напрямом є використання поступової системи рубок, зокрема групово-вибіркового способу. Так, після здійснення першого прийому такої рубки зростає освітленість, що виявляє позитивний вплив на стан і ріст підросту (Горшенин, Криницький, 1975).

Науковці УкрНДДГірліс (Збірник..., 2001) вважають, що основним способом лісовідновлення у букових та ялицевих лісах є природний. Проте орієнтація на природне поновлення доцільна лише тоді, коли зруби добре забезпечені насінним потомством усіх лісотвірних деревних видів (Бродович та ін., 2013). Проте умови для надійного природного поновлення бука складаються лише в роки максимального і середнього врожаїв (Куриляк, 2007).

Найменш витратним способом заліснення зрубів є їх залишення під природне лісовідновлення, хоча воно часто має незадовільний лісівничий ефект внаслідок заростання зрубу малоцінними деревними видами (Жежжун, 2021). Орієнтація на природне поновлення доцільна лише за умови його появи впродовж короткого періоду часу (2-3 роки), оскільки за тривалого проходження процесу втрачається його ефективність, що відображається на відтермінуванні отримання деревного запасу (Мегалінський, Наконечний, 1967).

Розвиток букового підросту залежить від багатьох чинників. Впродовж першого року відпадає переважно 60-90% самосіву бука (Криницький, Савич, 1973). При цьому основним чинником виживання самосіву є інтенсивність освітлення (Каплуновський, 1965; Молотков и др., 1971). За П.С. Каплуновським (1965), найкраще освітлення для розвитку підросту бука складає 10-20% від повного освітлення. Менше освітлення є недостатнім для ефективного проходження фотосинтезу і поступово призводить до загибелі підросту. Інтенсивніше освітлення провокує бурхливий розвиток трав'яного вкриття, яке гальмує процеси природного поновлення бука. При цьому негативний вплив на ріст і розвиток його підросту має не лише інтенсивне задерніння ґрунту, але й видовий склад трав'яної рослинності (Горшенин, Криницький, Савич, 1972).

Узагальнюючи результати 15-річного експерименту з природного поновлення бука на п'яти ділянках з різною інтенсивністю рубками, розташованих у Західних Карпатах, М. Варна (2008) виявив

збільшення кількості підросту бука зі збільшенням інтенсивності рубок. Однак, досягнувши певного піку на ділянці з середньою інтенсивністю рубки, відбулось зменшення кількості підросту. На думку дослідника, вибирання 50% деревостану призвело до меншої кількості насінних ресурсів (обмежувачий фактор для природного поновлення), що відобразилося на зниженні кількості деревних рослин.

За результатами вивчення лісівничо-екологічних наслідків проведення різних способів рубок у лісах Карпат на процеси відтворення лісового середовища на букових зрубках Г.Т. Криницький та ін. (1998) встановили, що після проведення механізованих улоговинних рубок формування зімкнутих букових молодняків і відновлення лісового середовища відбувається впродовж 20-25 років після останнього прийому рубки.

У випадку добре організованого технологічного процесу тракторного трелювання деревини на ялинових, ялицевих та букових зрубках Карпат частка непошкодженого підросту становить в середньому 78,5% (Вітер, 2017). При цьому найвищу збережаність виявлено у висотній групі дрібного (84,6%), а найнижчу – у групі великого підросту (75%). Серед пошкоджень відзначено пошкодження стовбурців (62%), коренів (27%) та крони деревних рослин (11%).

М. Stiers et al. (2019) вважають, що у природних букових лісостанах особливо важливими є зміни у щільності намету, оскільки вони впливають на поступлення світла на поверхню лісової підстилки. Створення розривів різного розміру у наметі деревостану дає змогу регулювати доступність світла до поверхні ґрунту з метою стимулювання відновлювальних процесів. Розриви у наметі букового деревостану доцільно створювати шляхом запровадження різних способів поступових рубок, зокрема – групово-вибіркової.

*Актуальність досліджень* полягає у вивченні впливу групово-вибіркової (групово-поступової) рубки на процес природного поновлення у вологій грабовій бучині Покутських Карпат.

*Мета роботи* полягає в обґрунтуванні перспективності застосування групово-вибіркової (групово-поступової) рубки як ефективного засобу інтенсифікації процесу природного відтворення букових деревостанів.

Для досягнення мети роботи визначено такі *завдання дослідження*: 1) оцінити кількісний та видовий склад самосіву і підросту під наметом букового деревостану; 2) вивчити розподіл самосіву і підросту за висотними групами у різні періоди досліджень; 3) встановити ефективність застосування групово-вибіркової рубки для проходження процесу природного поновлення під наметом букового деревостану.

**Об'єкти і методика досліджень (Objects and methods).** *Об'єкт досліджень* – інтенсивність процесу природного поновлення під наметом букового деревостану до і після проведення двох прийомів групово-вибіркової рубки. *Предмет досліджень* –

вплив групово-вибіркової рубки на кількість та видовий склад самосіву і підросту.

Для виконання мети роботи використано такі методи досліджень: *рекогносцирувальні* – для встановлення площ і розташування лісових насаджень за перевагою бука лісового; *лісівничо-таксаційні* – для закладання пробних ділянок, встановлення таксаційних характеристик природних деревостанів, густоти і складу підросту; *порівняльної екології* – для визначення типу лісорослинних умов і типу лісу; *морфометричні* – для встановлення розмірних показників самосіву і підросту; *варіаційної статистики* – для оброблення експериментальних даних, підтвердження достовірності отриманих результатів досліджень.

Польові дослідження базуються на закладанні постійних пробних площ (ППП) у формації бука лісового (*Fageta sylvaticae*) в межах науково-виробничих стаціонарів (НВС) з наступним вивченням лісівничо-таксаційних характеристик деревостанів. Закладення PPP в межах виділених секцій здійснювали відповідно до вимог СОУ 02.02-37-476:2006 (2006). Встановлення таксаційних показників деревостанів проводили за діючими нормативними матеріалами (Гірс та ін., 2013; Білоус та ін., 2020). Облік підросту деревних видів за віковими групами виконано за методикою Н.М. Горшеніна (1977). Для достовірного оцінювання надійності природного поновлення підріст усіх вікових груп переводили в групу 4-7-річок, як найбільш благонадійну. Для оброблення результатів досліджень використовували методи математичної статистики (Горошко, Миклуш, Хомюк, 2004) та комп'ютерні програми «Excel».

Для встановлення кількості самосіву і підросту використано методику М.М. Горшеніна (1977), згідно з якою в гірських умовах під наметом лісу та на зрубках рекомендовано закладати двометрові облікові смуги на всю ширину лісосіки, розміщуючи їх впоперек схилу. На секції №3 букового стаціонару, де проведено групово-вибіркову рубку, у кожному вікні відновлення, у зв'язку з його невеликою площею, у найбільш характерному місці було закладено одну облікову смугу – *трансекту* (лінійний маршрут для обліку самосіву і підросту з визначеною шириною та довжиною) завширшки 4 м та завдовжки через все вікно відновлення.

Біометричні показники самосіву та підросту деревних видів визначали на підставі обміру всіх екземплярів, які знаходились в межах виділеної трансекти. Самосів і підріст відносили до однієї із вікових груп – однорічки; 2-3-річки; 4-7-річки; 8-15-річки, > 15 років. При цьому, до категорії *самосіву* відносили деревні рослини насінного походження віком до одного року. До *підросту* відносили рослини насінного походження віком два і більше років, які в перспективі здатні сформувати деревостан.

Для поділу природно поновлених деревних рослин за висотою та категоріями стану викорис-

тали шкалу IUFRO (Commarmot, Brändli, Namor, Lavnyu, 2013), за якою розрізняють сім висотних груп підросту (10-19,9; 20-29,9; 30-39,9; 40-69,9; 70-99,9; 100-129,9; 130 см і більше) і три категорії стану – *здорові* (верхівкова брунька і пагін без будь-яких пошкоджень; пагін попереднього року не об'їдений тваринами); *пошкоджені* (верхівковий пагін пошкоджено – зламаний, сухий, відсутня верхівкова брунька як результат механічних пошкоджень, негативної дії ранніх осінніх заморозків чи пізніх весняних приморозків, тривалого засушливого періоду тощо); *об'їдені* (дикими або домашніми тваринами). Для обліку самосіву та дрібного підросту нами додатково введено ще одну висотну групу – до 9,9 см.

Тип лісу на досліджуваних ділянках визначали за підходами лісівничо-екологічної класифікації (Погребняк, 1993; Герушинський, 1996; Остапенко, Ткач, 2002; Ткач, Тарнопільська, Орлов, 2024) за сукупністю основних і допоміжних ознак. Під час класифікації деревної рослинності Покутських Карпат використовували напрацювання М.А. Голубця, К.А. Малиновського (1967).

Для встановлення видового складу надгрунтового вкриття використовували визначник вищих рослин (Определитель..., 1987) та визначник рослин для типів лісорослинних умов (Горшенін, Бутейко, 1962).

**Результати досліджень.** Згідно з «Правилами рубок головного користування» (2009), у букових деревостанах з повнотою 0,6-0,8 проводять *триприйомні* групово-вибіркові рубки. Під час першого прийому формують вікна природного відновлення в кількості 4-8 шт., площа кожного з яких не повинна перевищувати 300 м<sup>2</sup>.

Секція №3 облаштована у буковому деревостані, де проведено групово-вибіркову рубку (ГВР) (кв. 28 Березівського л-ва філії «Кутське ЛГ»). Експозиція схилу – північно-східна, стрімкість – 15-18°. До першого прийому рубки відносна повнота у цій частині деревостану доволі висока (0,84). На ділянці переважає групове розташування дерев, хоча зімкнутість крон досить висока.

Перед проведенням першого прийому ГВР на ділянці було визначено чотири вікна відновлення: №1 – 17 × 18 м (306 м<sup>2</sup>); №2 – 30 × 10 м (300 м<sup>2</sup>); №3 – 28 × 10 м (280 м<sup>2</sup>); №4 – 20 × 15 м (300 м<sup>2</sup>). Вікна намічали в місцях, де була зосереджена найбільша кількість самосіву і підросту бука лісового. Одночасно навколо вікон відновлення «Правилами...» (2009) передбачено розрідження деревостану до повноти 0,5 у смугах завширшки 5-15 м.

Перед проведенням рубки у жовтні 2016 р. було здійснено перелік дерев на секції і встановлено лісівничо-таксаційні характеристики деревостану. Також у намічених вікнах відновлення було здійснено облік самосіву і підросту.

Перший прийом ГВР було здійснено в осінньозимовий період 2016-2017 рр. Відповідно, встановлення таксаційних показників букового деревостану

було зроблено до проведення рубки (10.2016 р.) (табл. 1).

Після облаштування вікон відновлення (перший прийом) було здійснено повторне визначення таксаційних показників деревостану у травні 2017 року. Встановлено, що на секції було проведено рубку середньої інтенсивності (22,7%). Дещо

зріс показник середнього діаметра, оскільки вікна відновлення влаштовували у місцях нагромадження самосіву і підросту, який сформувався під групами дерев меншого розміру, що дало можливість проникнення більшої кількості світла під намет деревостану. Середня висота деревостану практично не змінилась.

**Таблиця 1. Таксаційні показники деревостану на НВС №1 (секція №3, 10Бкл; D<sub>3</sub>-Бк; 85 р.; групо-вибіркова рубка)**

**Table 1. Forest mensuration indicators of a forest stand in permanent study-and-production area (PSPA) No.1 (section No.3, 10BE; moist fertile beech forest; 85 years old; group-selection felling)**

| Деревний вид                                     | N, шт./га | Середні |       | G, м <sup>2</sup> /га | P, од. | M, м <sup>3</sup> /га | Видове число | Бонітет        | Інтенсивність рубки, % |
|--------------------------------------------------|-----------|---------|-------|-----------------------|--------|-----------------------|--------------|----------------|------------------------|
|                                                  |           | H, м    | D, см |                       |        |                       |              |                |                        |
| До першого прийому рубки (перелік 10.2016 р.)    |           |         |       |                       |        |                       |              |                |                        |
| Бук лісовий                                      | 432       | 32,3    | 33,8  | 37,75                 | 0,84   | 529                   | 0,421        | I <sup>b</sup> | –                      |
| Після першого прийому рубки (перелік 05.2017 р.) |           |         |       |                       |        |                       |              |                |                        |
| Бук лісовий                                      | 325       | 32,8    | 34,3  | 30,03                 | 0,65   | 409                   | 0,419        | I <sup>b</sup> | 22,7                   |
| Після другого прийому рубки (перелік 05.2022 р.) |           |         |       |                       |        |                       |              |                |                        |
| Бук лісовий                                      | 274       | 32,5    | 35,4  | 26,97                 | 0,60   | 366                   | 0,419        | I <sup>b</sup> | 10,3                   |

Поряд зі зрубанням дерев у вікнах відновлення, було також зрубано певну кількість дерев між вікнами, насамперед ті, які були пошкоджені під час звалювання, а також уражені біотичними та абіотичними чинниками. Звалювання дерев відбувалося за межі намічених вікон відновлення.

Результати обліку підросту через п'ять років після першого прийому рубки (жовтень, 2021 р.) показали, що у вікнах відновлення нагромадилась значна його кількість – більше 15 тис. шт./га. Згідно з вимогами «Правил рубок головного користування» (2009), така кількість підросту є достатньою для розширення вікон відновлення, що й було зроблено у листопаді-грудні 2021 року. Розширення вікон було здійснено в середньому на 30%, внаслідок чого вони набули такого розміру і площі: №1 – 22 × 18 м (396 м<sup>2</sup>); №2 – 35 × 12 м (420 м<sup>2</sup>); №3 – 28 × 15 м (420 м<sup>2</sup>); №4 – 20 × 20 м (400 м<sup>2</sup>). Збільшення площі вікон було зроблено за рахунок зрубання дерев у смугах розширення.

Відносно невелике розширення вікон зумовлено небезпекою їх заростання небажаною рослинністю. Відповідно запас деревини, який було зрубано за другий прийом, є невеликим (рубка слабкої інтенсивності – 10,3%) (див. табл. 1). У процесі рубки зрубано лише ті дерева, незалежно від їхнього діаметра, які знаходились у 5-15-метровій смузі розширення навколо вікон відновлення.

Внаслідок проведення другого прийому ГВР середня висота практично не змінилась, проте збільшився середній діаметр деревостану. Внаслідок розширення чотирьох вікон відновлення було вибрано 43 м<sup>3</sup> деревини, що стало причиною знижен-

ня абсолютної та відносної повноти деревостану і в наступному стимулювало процес природного поновлення.

Розширенню вікон передувало також рясне плодоношення бука лісового у попередньому 2020 році, у зв'язку з чим на час обліку (10.2021 р.) на ділянці в цілому, а особливо – у вікнах відновлення та по їхніх межах була наявна значна кількість букового самосіву.

Варто зауважити, що відносно невелике за площею розширення вікон є доцільним з погляду недопущення сильного розростання ожини шорсткої (*Rubus hirtus* Waldst. & Kit.), збільшення осередків якої в умовах вологої бучини за умови покращення освітлення проходить дуже інтенсивно. Заростання ожиною шорсткою значних за площею прогалін у букових деревостанах зводить нанівець зусилля лісівників з успішного природного поновлення ділянки. Так, Н.М. Горшенін та ін. (1972) встановили найсильніший негативний вплив на життєдіяльність підросту бука саме *Rubus hirtus*, яка сильно розростається за поліпшення освітлення, а найсприятливіший вплив – з боку *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop.

За результатами дослідження, вікна площею 400-420 м<sup>2</sup> після проходження попереднього етапу поновлення в них бука, найменше піддаються заростанню ожиною. Менші за площею вікна (в межах 200-250 м<sup>2</sup>) заростають ожиною найменше, але поява і розвиток підросту на них проходить відносно слабо внаслідок недостатнього освітлення.

Подібними дослідженнями (Михайлів, Стрянець, Хомин, 2016) встановлено, що у букових

лісах на прогалинах площею від 236 до 3927 м<sup>2</sup> в умовах вологої грабової бучини природне поновлення загалом є задовільним. Проте на прогалинах малих і великих розмірів підросту найменше, а найбільшу його кількість зафіксовано саме на середніх за розміром прогалинах. Тобто, на невеликих за площею прогалинах негативним чинником виступає недостатнє освітлення, а на великих – інтенсивне розростання трав'яної рослинності та ожини.

Іншими дослідженнями (Лавний та ін., 2021) встановлено, що від площі просвітів у лісоста-

ні залежить розподіл підросту бука за висотними групами. Так, на прогалинах площею від 117 до 1372 м<sup>2</sup> переважаючою групою є підріст заввишки до 50 см, який займає від 35 до 90% серед інших висотних груп.

Облік самосіву і підросту у жовтні 2016 р. до проведення першого прийому ГВР показав перевагу найбільш надійного 4-7-річного, а також 8-15-річного підросту (33,0 та 30,7%). Частка самосіву і дрібного підросту порівняно низька (4,6 та 11,8%) (табл. 2).

**Таблиця 2. Розподіл самосіву і підросту *Fagus sylvatica* L. за віковими групами на НВС №1 (секція №3, групово-вибіркова рубка) впродовж 2016-2023 рр., тис. шт. на 1 га**

**Table 2. Distribution of self-seeding and young growth of *Fagus sylvatica* L. by age groups in PSPA No.1 (section No.3, group-selection felling) during the period 2016-2023, thousands pcs per hectare**

| №<br>трансекти                                                    | Вікові групи підросту |           |           |            |            | Разом |
|-------------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------|-----------|------------|------------|-------|
|                                                                   | 1-річки               | 2-3-річки | 4-7-річки | 8-15-річки | > 15 років |       |
| Результати обліку 11.2023 р. після проведення другого прийому ГВР |                       |           |           |            |            |       |
| №1                                                                | 9,00                  | 8,98      | 6,32      | 3,03       | 4,09       | 31,42 |
| №2                                                                | 10,31                 | 9,20      | 5,60      | 3,34       | 4,54       | 32,99 |
| №3                                                                | 7,91                  | 8,28      | 4,22      | 2,66       | 3,36       | 26,43 |
| №4                                                                | 10,62                 | 7,90      | 3,76      | 4,02       | 4,52       | 30,82 |
| Середнє                                                           | 9,46                  | 8,59      | 4,98      | 3,26       | 4,13       | 30,42 |
| Результати обліку 10.2021 р. до проведення другого прийому ГВР    |                       |           |           |            |            |       |
| №1                                                                | 8,56                  | 5,10      | 2,40      | 2,78       | 2,94       | 21,78 |
| №2                                                                | 10,24                 | 4,06      | 2,84      | 2,34       | 3,28       | 22,76 |
| №3                                                                | 8,19                  | 3,62      | 1,64      | 2,82       | 2,18       | 18,45 |
| №4                                                                | 8,38                  | 3,88      | 1,32      | 4,13       | 3,71       | 21,42 |
| Середнє                                                           | 8,84                  | 4,16      | 2,05      | 3,02       | 3,03       | 21,10 |
| Результати обліку 10.2016 р. до проведення першого прийому ГВР    |                       |           |           |            |            |       |
| №1                                                                | 0,38                  | 0,80      | 3,02      | 2,61       | 1,60       | 8,41  |
| №2                                                                | 0,56                  | 1,45      | 2,56      | 2,28       | 2,02       | 8,87  |
| №3                                                                | 0,25                  | 0,64      | 2,08      | 3,03       | 1,11       | 7,11  |
| №4                                                                | 0,32                  | 1,01      | 3,14      | 2,11       | 1,74       | 8,32  |
| Середнє                                                           | 0,38                  | 0,97      | 2,70      | 2,51       | 1,62       | 8,18  |

По всіх чотирьох вікнах відновлення спостережено певну варіабельність за кількістю підросту по вікових групах, але загальна кількість підросту і самосіву по кожному вікну відновлення в цілому є відносно подібною.

Кількість та розподіл самосіву і підросту за віковими групами станом на 10.2021 р. суттєво відрізняється від такого у 2016 році. Впродовж чотирьох років після першого прийому рубки загальна кількість природного поновлення збільшилась у 2,6 раза, в основному – за рахунок самосіву і дрібного підросту. Внаслідок переходу частини

підросту з однієї вікової групи в іншу відбулось нагромадження великомірного підросту (> 15 р.) – в 1,9 раза (рис.).

Дуже суттєвих змін у кількості підросту вікових груп 4-7 та 8-15 років не відбулося, проте, порівняно з 2016 р., різко збільшилась кількість дрібного підросту і самосіву (відповідно, в 4,3 та 23,3 рази). Першому розширенню вікон (другий прийом рубки 10-11.2021 р.) передувал насінний рік бука лісового (2020 р.), результатом чого став сильний розвиток самосіву і дрібного підросту, за рахунок чого і суттєво підвищилась густина природного поновлення.

Варто відзначити, що до проведення другого прийому рубки кількість самосіву і дрібного підросту була незначною.



Рис. Фрагмент НВС *Fagus sylvatica* на секції №3 у межах трансекти (вікна відновлення) №1 після проведення першого прийому групово-вибіркової рубки

Fig. Fragment of the PSPA of *Fagus sylvatica* in section No.3 within the transect (regeneration gap) No.1 after the first cut of group-selection felling

Найбільшу варіабельність деревних рослин за кількістю спостережено у вікових групах 2-3- та 4-7-річок. Однак, якщо у 2016 р. основу підросту складали 4-7- та 8-15-річки, то у 2021 р. – самосів та 2-3-річки (41,9 та 19,7%). Також відбулось деяке нагромадження кількості великомірного підросту (8-15 та > 15 р.), частка якого становить близько 28%.

Потрібно зазначити, що практично весь самосів і підріст на секції №3, як і на інших секціях НВС №1, сформований буком лісовим за незначної домішки черешні, клена-явора та ялини європейської. Остання представлена окремими екземплярами і з'явилась тут, ймовірно, внаслідок занесення насіння вітром чи тваринами. На цій секції, як і на інших, повністю відсутній самосів і підріст граба звичайного.

У листопаді 2023 р., через два роки після проведення другого прийому рубки, було здійснено черговий облік самосіву і підросту (див. табл. 2). Розширення вікон зумовило наступний етап збільшення кількості деревних рослин. Порівняно з 2021 р., його кількість збільшилась в 1,4 рази, відбулось нагромадження великомірного підросту (з 6,05 до 7,39 тис. шт./га). Як і в попередньому випадку, перевага належить самосіву та дрібному підросту, частка яких серед природного поновлення становить, відповідно, 31,1 та 28,2%.

Важливим питанням є збереженість самосіву та дрібного підросту. За результатами досліджень Г.Т. Криницького, І.П. Савича (1973), відпад самосіву та дрібного підросту бука лісового впродовж перших трьох років на зрубках котловинної та насінно-лісосічної рубок становив 45-60%, а від-

пад молодих рослин клена-явора, ясена звичайного та в'яза шорсткого був ще більшим – 70%. Підріст, що залишився, переходить у найбільш надійну вікову групу – 4-7 років. При цьому основними причинами відпаду молодих рослин є їх пошкодження мишоподібними гризунами, різка зміна умов мікросередовища зростання самосіву, розвиток трав'яного вкриття і збільшення його зімкнутості, конкуренція з боку корневих систем материнського деревостану.

Незважаючи на відпад певної частини самосіву та дрібного підросту внаслідок вище згаданих причин, на ділянці секції №3 нагромадилась доволі значна кількість підросту (близько 21 тис. шт./га).

Поряд з цим, існує значна варіабельність кількості підросту за віковими групами, тому для достовірності оцінювання природного поновлення підріст всіх вікових груп доцільно перевести в групу 4-7-річок, як найбільш благонадійних. Скориставшись перевідними коефіцієнтами М.М. Горшеніна (1977) для різних вікових груп, отримаємо густоту підросту в перерахунку на 4-7-річний благонадійний підріст:  $N = 4,98 + (0,15 \times 9,46 + 0,6 \times 8,69 + 1,5 \times 3,25 + 1,5 \times 4,13) = 4,98 + 1,42 + 5,21 + 4,88 + 6,20 = 22,7$  тис. шт./га. Отримана кількість благонадійного підросту навіть перевищує ту кількість, яку отримано без перерахунку, що дає підставу для проведення чергового прийому групово-вибіркової рубки ще до завершення регламентованого «Правилами рубок...» (2009) 4-річного періоду.

Варто також зауважити, що нагромадження великомірного підросту на ділянці не є позитивним аспектом, тому що саме такий підріст найбільше пошкоджується під час чергового розширення вікон відновлення, навіть якщо звалювання і трелювання дерев буде здійснюватися з дотриманням усіх необхідних вимог. Тому зволікання з проведенням чергового прийому рубки зумовить зменшення кількості самосіву і дрібного підросту та нагромадження великомірного підросту. У зв'язку з цим, визначаючи термін проведення наступного розширення вікон, потрібно виходити із лісівничої ситуації, яка склалась на ділянці.

Окрім розподілу кількості підросту за віковими групами, важливе значення для його виживання мають висотні характеристики. Розподіл підросту за висотними групами має свої особливості у зв'язку зі специфікою проведення групово-вибіркової рубки, що виявляється у періодичному розширенні вікон відновлення (табл. 3). За загальною кількістю підросту по вікових групах спостережено значну його варіабельність за всіма періодами спостереження. Так, у 2016 р. найбільша частка належить великомірному підросту 130 см і більше – 26,9%, найменша – самосіву (7,9%). Частка підросту по інших висотних групах коливається в межах від 9,2 (20-29,9 см) до 12,7% (100-129,9 см). Великомірний підріст є панівним – як за висотою, так і за кількістю, суттєво впливаючи на ріст і розвиток підросту нижчих висотних груп. Внаслідок недостатнього освітлення на ділянці склалися несприятливі

умови для появи самосіву, тому і частка його у природному поновленні є найменшою. Облік природного поновлення було здійснено в осінній період (10.2016 р.) у намічених вікнах відновлення ще до проведення першого прийому рубки. Висока варіабельність підросту за висотою у вікнах відновлення зв'язана з різною інтенсивністю освітлення ділянки, конкуренцією з боку кореневих систем материнського деревостану, інтенсивністю розвитку ожини шорсткої і трав'яного покриття.

Проведення першого прийому рубки (зима 2016-2017 рр.) у намічених вікнах відновлення, а також розрідження деревостану у смугах розширення зумовило сильне збільшення освітленості ділянки і як наслідок – інтенсивну появу самосіву. Проведений черговий облік самосіву і підросту восени (10.2021 р.) показав суттєве збільшення його кількості (в 2,6 рази порівняно з 2016 р.) та домінування на ділянці за кількісними показниками самосіву (46,6%). За цей же період частина самосіву (16,4%) вже встигла перейти у дрібний підріст (10-29,9 см). Меншу, але все ж вагому часту (18,6%) займає великомірний підріст (130 см і біль-

ше). Підріст заввишки 100-129,9 см становить 8,5%, підріст інших висотних груп займає незначну частку – в межах 2-3%.

Отже, на ділянці переважають самосів і дрібний підріст (63%) та великомірний підріст – 27,1%. Для порівняння, у 2016 р. до проведення першого прийому рубки частка цих висотних груп становила, відповідно, 19,6 та 39,6%.

Значна кількість підросту (> 15 тис. шт./га) дала підставу для проведення у листопаді-грудні 2021 р. другого прийому групово-вибіркової рубки з розширенням вікон відновлення в середньому на 30%. Цей прийом сприяв подальшій інтенсифікації процесу природного поновлення. Повторний облік, здійснений через два роки (11.2023 р.), підтвердив позитивний вплив другого прийому рубки на збільшення густоти природного поновлення. Це збільшення відбулось за рахунок подальшої появи самосіву на ділянці, а також за рахунок значного збільшення частки дрібного підросту внаслідок переходу до цієї категорії самосіву попередніх років. З цієї ж причини помітно зросла частка підросту заввишки 20-29,9 см – до 10,9%.

**Таблиця 3. Розподіл самосіву і підросту *Fagus sylvatica* L. за висотними групами за шкалою IUFRO на НВС №1 (секція №3 – групово-вибіркова рубка) впродовж 2016-2023 рр., тис. шт. на 1 га**

**Table 3. Distribution of self-seeding and young growth of *Fagus sylvatica* L. by height groups according to the IUFRO scale in PSPA No.1 (section No.3 – group-selection felling) during the period 2016-2023, thousands pcs per hectare**

| № трансекти                                                       | Висотні групи підросту (см) і ступінь пошкодження |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |          |
|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------|
|                                                                   | до 9,9                                            |             |             | 10-19,9     |             |             | 20-29,9     |             |             | 30-39,9     |             |          |
|                                                                   | 1                                                 | 2           | 3           | 1           | 2           | 3           | 1           | 2           | 3           | 1           | 2           | 3        |
| Результати обліку 11.2023 р. після проведення другого прийому ГВР |                                                   |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |          |
| №1 (S = 396 м <sup>2</sup> )                                      | 9,32                                              | 0,68        | 0,02        | 8,86        | 0,53        | 0,04        | 3,54        | 0,24        | 0,03        | 0,59        | 0,11        | –        |
| №2 (S = 420 м <sup>2</sup> )                                      | 9,55                                              | 0,76        | –           | 10,41       | 0,66        | –           | 2,84        | 0,32        | 0,03        | 0,58        | 0,08        | –        |
| №3 (S = 420 м <sup>2</sup> )                                      | 7,39                                              | 0,72        | 0,02        | 7,94        | 0,77        | 0,04        | 2,81        | 0,27        | –           | 0,35        | –           | –        |
| №4 (S = 400 м <sup>2</sup> )                                      | 9,86                                              | 0,85        | –           | 7,99        | 0,88        | –           | 2,64        | 0,56        | 0,01        | 0,31        | 0,06        | –        |
| <b>Середнє</b>                                                    | <b>9,03</b>                                       | <b>0,75</b> | <b>0,01</b> | <b>8,80</b> | <b>0,71</b> | <b>0,03</b> | <b>2,96</b> | <b>0,35</b> | <b>0,02</b> | <b>0,46</b> | <b>0,06</b> | <b>–</b> |
| Результати обліку 10.2021 р. до проведення другого прийому ГВР    |                                                   |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |          |
| №1 (S = 396 м <sup>2</sup> )                                      | 9,66                                              | 0,12        | 0,02        | 3,91        | 0,11        | –           | 0,56        | 0,04        | 0,02        | 0,44        | 0,07        | –        |
| №2 (S = 420 м <sup>2</sup> )                                      | 11,14                                             | 0,14        | –           | 2,98        | 0,08        | 0,02        | 0,65        | –           | –           | 0,46        | 0,12        | 0,02     |
| №3 (S = 420 м <sup>2</sup> )                                      | 8,80                                              | 0,08        | 0,02        | 2,83        | 0,12        | –           | 0,32        | 0,02        | –           | 0,35        | 0,05        | –        |
| №4 (S = 400 м <sup>2</sup> )                                      | 9,27                                              | 0,06        | 0,01        | 3,63        | 0,14        | 0,02        | 0,36        | 0,04        | 0,02        | 0,33        | –           | –        |
| <b>Середнє</b>                                                    | <b>9,71</b>                                       | <b>0,10</b> | <b>0,01</b> | <b>3,34</b> | <b>0,11</b> | <b>0,01</b> | <b>0,46</b> | <b>0,03</b> | <b>0,01</b> | <b>0,40</b> | <b>0,06</b> | <b>–</b> |
| Результати обліку 10.2016 р. до проведення першого прийому ГВР    |                                                   |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |          |
| №1 (S = 306 м <sup>2</sup> )                                      | 0,61                                              | 0,01        | –           | 0,78        | –           | –           | 0,87        | –           | 0,01        | 1,00        | 0,03        | 0,01     |
| №2 (S = 300 м <sup>2</sup> )                                      | 0,92                                              | 0,02        | –           | 1,02        | 0,04        | 0,01        | 0,71        | 0,03        | –           | 0,93        | –           | –        |
| №3 (S = 280 м <sup>2</sup> )                                      | 0,55                                              | –           | –           | 1,12        | 0,02        | –           | 0,60        | –           | –           | 0,71        | –           | 0,01     |
| №4 (S = 300 м <sup>2</sup> )                                      | 0,48                                              | 0,01        | –           | 0,83        | 0,01        | –           | 0,75        | 0,01        | 0,01        | 0,93        | 0,02        | –        |
| <b>Середнє</b>                                                    | <b>0,64</b>                                       | <b>0,01</b> | <b>–</b>    | <b>0,94</b> | <b>0,02</b> | <b>–</b>    | <b>0,73</b> | <b>0,01</b> | <b>–</b>    | <b>0,89</b> | <b>0,01</b> | <b>–</b> |

Продовж. табл. 3  
Continuation of Table 3

| №<br>трансекти                                                    | Висотні групи підросту (см) і ступінь пошкодження |      |      |         |      |      |           |      |      |              |      |   | Разом |
|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|------|------|---------|------|------|-----------|------|------|--------------|------|---|-------|
|                                                                   | 40-69,9                                           |      |      | 70-99,9 |      |      | 100-129,9 |      |      | 130 і більше |      |   |       |
|                                                                   | 1                                                 | 2    | 3    | 1       | 2    | 3    | 1         | 2    | 3    | 1            | 2    | 3 |       |
| Результати обліку 11.2023 р. після проведення другого прийому ГВР |                                                   |      |      |         |      |      |           |      |      |              |      |   |       |
| №1                                                                | 0,51                                              | 0,08 | 0,02 | 0,48    | 0,12 | 0,02 | 1,11      | 0,22 | –    | 4,04         | 0,86 | – | 31,42 |
| №2                                                                | 0,48                                              | 0,12 | 0,03 | 0,50    | 0,18 | 0,02 | 1,25      | 0,16 | –    | 4,24         | 0,78 | – | 32,99 |
| №3                                                                | 0,41                                              | 0,05 | 0,02 | 0,34    | 0,11 | –    | 1,00      | 0,25 | –    | 3,13         | 0,81 | – | 26,43 |
| №4                                                                | 0,34                                              | 0,03 | –    | 0,38    | 0,08 | 0,01 | 1,38      | 0,31 | –    | 4,48         | 0,65 | – | 30,82 |
| Середнє                                                           | 0,44                                              | 0,07 | 0,02 | 0,42    | 0,12 | 0,01 | 1,18      | 0,24 | –    | 3,97         | 0,77 | – | 30,42 |
| Результати обліку 10.2021 р. до проведення другого прийому ГВР    |                                                   |      |      |         |      |      |           |      |      |              |      |   |       |
| №1                                                                | 0,47                                              | 0,08 | 0,03 | 0,58    | 0,04 | –    | 1,57      | 0,18 | 0,03 | 3,43         | 0,42 | – | 21,78 |
| №2                                                                | 0,63                                              | 0,05 | 0,01 | 0,61    | 0,11 | 0,02 | 1,33      | 0,21 | –    | 3,62         | 0,56 | – | 22,76 |
| №3                                                                | 0,38                                              | 0,04 | –    | 0,43    | 0,06 | 0,02 | 1,69      | 0,15 | 0,01 | 2,62         | 0,46 | – | 18,45 |
| №4                                                                | 0,42                                              | 0,02 | –    | 0,41    | 0,06 | –    | 1,85      | 0,17 | –    | 4,07         | 0,54 | – | 21,42 |
| Середнє                                                           | 0,48                                              | 0,05 | 0,01 | 0,51    | 0,07 | 0,01 | 1,61      | 0,18 | 0,01 | 3,44         | 0,50 | – | 21,10 |
| Результати обліку 10.2016 р. до проведення першого прийому ГВР    |                                                   |      |      |         |      |      |           |      |      |              |      |   |       |
| №1                                                                | 0,93                                              | 0,03 | 0,02 | 0,79    | 0,04 | 0,02 | 1,03      | 0,07 | –    | 1,98         | 0,18 | – | 8,41  |
| №2                                                                | 0,66                                              | –    | 0,01 | 0,67    | 0,03 | –    | 1,08      | 0,08 | 0,02 | 2,52         | 0,12 | – | 8,87  |
| №3                                                                | 0,63                                              | 0,02 | –    | 0,50    | 0,03 | –    | 0,88      | 0,06 | 0,02 | 1,87         | 0,09 | – | 7,11  |
| №4                                                                | 1,08                                              | 0,04 | 0,01 | 1,02    | 0,04 | 0,02 | 0,81      | 0,09 | –    | 1,93         | 0,10 | – | 8,32  |
| Середнє                                                           | 0,83                                              | 0,02 | 0,01 | 0,75    | 0,04 | 0,01 | 0,96      | 0,08 | 0,01 | 2,08         | 0,12 | – | 8,18  |

Як і в 2021 р., домінуючою на ділянці є частка самосіву і дрібного підросту (63,5%), а також великомірного підросту 130 см і більше (15,5%). Підріст інших висотних груп займає незначну частку – в межах 1,7-4,7% (див. табл. 3).

Поряд з кількісними показниками природного поновлення, не менш важливим аспектом є частка пошкоджених молодих деревних рослин внаслідок дії несприятливих біотичних, абіотичних та антропогенних чинників. Останній чинник проявляється найсильніше, насамперед, через проведення чергових прийомів рубок.

Пошкодження самосіву і підросту за результатами осіннього обліку 2016 р. незначне, оскільки перший прийом рубки було здійснено після проведення обліку деревних рослин. Відзначимо всихання верхівок пагонів великомірного підросту через недостатнє освітлення, однак воно незначне, оскільки підріст знаходиться у вікнах і поблизу них. У самосіву та підросту може бути відсутньою верхівкова брунька. Пошкодження самосіву і підросту дикими тваринами (скушування верхівок пагонів) також незначне.

За результатами осіннього обліку самосіву і підросту у жовтні 2021 р. частка пошкоджених

рослин також виявилась невеликою. Облік здійснено до проведення другого прийому ГВР, а після проведення першого прийому рубки пройшло вже п'ять років. Під час проведення першого прийому рубки (зима 2016-2017 рр.) дерева звалювали таким чином, щоб вони по можливості не потрапляли в площу вікон відновлення. Трохи постраждав великомірний підріст, але він впродовж 5-річного періоду майже весь відновився шляхом формування другого вершинного пагона. Під час обліку до пошкоджених відносили лише ті екземпляри, в яких сформувалися «потворні» пагони відновлення. Ті екземпляри, що загинули внаслідок проведення рубки, до уваги не брали.

Пошкодження самосіву і підросту дикими тваринами також незначне. Поряд з цим варто відзначити, що окремі дослідники (Криницький, Савич, 1973) відзначали суттєвий вплив диких тварин (козульт, оленів) на збережуваність самосіву і підросту, особливо на зрубках. Концентруючись на відкритих ділянках, вони поїдають і пошкоджують значну кількість молодих рослин.

Незначну пошкодженість самосіву і підросту бука, клена-явора, черешні тощо дикими тваринами можна пояснити двома причинами: 1) невели-

кою концентрацією диких копитних у межах досліджуваної території; 2) відсутністю відкритих ділянок зрубів внаслідок зрубів деревостанів за декілька прийомів, які є менш привабливими для диких тварин порівняно з суцільними зрубками.

Проведення повторного обліку самосіву і підросту 11.2023 р. через два роки після другого прийому рубки не виявило значних пошкоджень деревних рослин. Дерев звалювали в протилежний бік від вікон відновлення, що дало змогу уникнути значних пошкоджень підросту. Проте розширення вікон відновлення все-таки певною мірою збільшило кількість пошкоджених рослин, але регенерація поламаних верхівок та бокових пагонів відбувається успішно. Найбільше постраждав підріст, висота якого перевищує 70 см. У невеликій частині самосіву і дрібного підросту відсутня верхівкова брунька, що дало підставу зарахувати їх до числа пошкоджених рослин.

**Дискусія (Discussion).** За даними низки дослідників (Молотков, 1966; Тишкевич, 1984; Сабан, 1988; Генсірук, 1992; Парпан, Вітер, 1999) природне поновлення бука лісового під наметом насаджень різних повнот задовільне або добре. Отримані Г.Л. Тишкевич (1984) дані щодо природного поновлення бука в Карпатах показали, що під наметом материнського деревостану часто можна облікувати до 50-60 тис. шт./га букового підросту, старшого ніж два роки. Наведені дані по кількості підросту підтверджуються практичними дослідженнями без включення до обліку самосіву. При цьому на розвиток підросту істотний вплив виявляють зімкнутість та видовий склад трав'яного вкриття (Куриляк, 2007). Найбільшу кількість підросту під наметом букового лісостану зафіксовано саме на середніх за розміром прогалинах, тоді як на прогалинах малих і середніх розмірів підросту найменше. На перших з них негативним чинником виступає недостатнє освітлення, а на других – інтенсивне розростання трав'яної рослинності та ожини (Михайлів, Стрянець, Хомин, 2016).

В.М. Куриляк (2007) пов'язує висотну структуру букового підросту з віком. За даними автора, вік підросту висотою до 0,5 м не перевищує 7-10 років; висотою 0,5-1,0 м – 8-15 років і висотою понад 1 м – більше 15 років. При цьому найбільша кількість підросту (65-78%) зосереджена у першій висотній групі. Загалом такий поділ підросту не протирічить отриманим нами результатам, але він є дуже узагальненим. У цьому конкретному випадку найкращий результат можна отримати шляхом поєднання шкали розподілу підросту за віковими групами за методикою М.М. Горшеніна (1977) та розподілу підросту за висотними групами за шкалою IUFRO (2013).

В.С. Олійник, В.І. Блистів (2019) поділяють підріст у грабово-букових деревостанах на три вікові (1-5, 6-10 та > 10 років) та чотири висотні (до 20, 20-50, 50-100, > 100 см) групи. На нашу думку, вікова шкала М.М. Горшеніна та висотна IUFRO –

є досконалішими. Крім того, вікова група 1-5 років включає самосів (рослини до одного року), а частка переходу самосіву в підріст доволі низька, тому самосів потрібно обліковувати окремо. За даними С.А. Генсірука, (1992), на свіжих зрубках Карпатського регіону після суцільних рубок залишається лише 10-15% самосіву від його кількості, що сформувалася під наметом материнського деревостану.

Г.Л. Тишкевич (1984) вказувала на значну пошкоджуваність великого букового підросту під час звалювання і трелювання деревини, тоді як дрібний підріст пошкоджується значно менше, суттєво збільшуючи приріст після рубки материнського деревостану, інтенсивно використовуючи повне освітлення. В.М. Куриляк (2007) також відзначає, що висотна група підросту 0,6-1 м зазнає значного (до 95%) пошкодження в процесі звалювання лісу і трелювання деревини. Нами також відзначено найбільшу кількість пошкодженого підросту саме заввишки 100 см і більше, проте підріст з пошкодженою верхівкою та зламаними боковими пагонами протягом двох-п'яти років практично повністю регенерується.

Для забезпечення успішного природного поновлення в букових типах лісу необхідно поєднувати заходи зі сприяння природному поновленню (видалення ожини, підстилки, дернини, розпушування верхнього шару ґрунту) з 2-3-прийомними поступовими рубками (Бродович та ін., 2013). Найвищу перепону процесу природного поновлення виявляє *Rubus hirtus*, інтенсивний розвиток якої спостережено саме тепер – в умовах зміни клімату.

**Висновки (Conclusions).** Групово-вибіркова (групово-поступова) рубка забезпечує добрий розвиток самосіву і підросту бука лісового в умовах вологої бучини. Кількість благонадійного підросту на другий рік після першого розширення вікон відновлення (другий прийом) перевищує 21 тис. шт. на 1 га, що значно більше від нормативного показника (15 тис. шт./га), який передбачає проведення наступного прийому рубки.

Через два роки після першого розширення вікон відновлення (другий прийом ГВР) кількість самосіву і підросту становить 30,42 тис. шт. на 1 га, з них 1-річки (самосів) – 31,1; 2-3-річки – 28,2; 4-7-річки – 16,4; 8-15-річки – 10,7 та > 15 років – 13,6%. Розширення вікон відновлення стимулювало, насамперед, розвиток самосіву та дрібного підросту.

Дещо інший розподіл підросту спостережено у розрізі висотних груп. Так, найбільшу частку (32,2%) посідають рослини висотою до 9,9 см, які представлені переважно самосівом. Дрібний підріст ( $h = 10-19,9$  см) займає майже таку ж саму частку у природному поновленні (31,4%). Третю позицію посідає найбільший підріст ( $130 \text{ см} >$ ) – 15,6%, відзначено поступове його нагромадження у всіх чотирьох вікнах відновлення.

Меншу, але помітну частку серед природного поновлення посідає підріст висотної групи

20-29,9 см (10,9%). Підросту інших трьох висотних груп (30-39,9; 40-69,9; 70-99,9 см) обліковано дуже мало (1,7; 1,7 та 1,8%). Підросту заввишки 100-129,9 см трохи більше (4,7%).

Співставлення розподілу букового самосіву і підросту за віковими та висотними групами дає підставу стверджувати, що 1-річні рослини входять до висотної групи до 10 см; 2-3-річні – переважно до висотної групи 10-20 см; 4-7-річні – до висотної групи 20-40 см, 8-15-річні – до висотної групи 40-100 см. Підріст, вік якого перевищує 15 років, має висоту 100 см і більше.

«Правилами рубок головного користування» (2009) передбачено розширення вікон відновлення через кожні 5-10 років і завершення групово-вибіркової рубки через 30-40 років. Проте в умовах вологої бучини після проведення другого прийому ГВР нормативна кількість букового підросту в 15 тис. шт. на 1 га появляється вже на другий-третій рік після рубки. Це дає змогу суттєво зменшити терміни між черговими розширеннями вікон відновлення (прийомами рубок) і таким чином значно пришвидшити здійснення завершального прийому групово-вибіркової рубки.

Під час проведення перших кількох прийомів ГВР можна значною мірою зберегти буковий підріст під пошкодження, звалюючи дерева у протилежний бік від вікон відновлення. Найбільше пошкоджується підріст висотою 1,0 м і вище. Поряд з цим, підріст з пошкодженою верхівкою та зламаними боковими пагонами протягом двох-п'яти років майже повністю регенерується.

Секція, де запроваджена групово-вибіркова рубка, добре забезпечена благонадійним підростом бука лісового, у зв'язку з чим цей спосіб рубки є придатним для застосування у букових дерево-станах Покутських Карпат.

Потрібно вчасно здійснювати розширення вікон відновлення, виходячи із лісівничої ситуації на ділянках. Незважаючи на добру регенераційну здатність пошкоджених рослин, не варто допускати нагромадження великомірного підросту, який найбільше пошкоджується під час здійснення чергових прийомів рубок.

## Список літератури (References)

- Білоус, А.М., Кашпор, С.М., Миронюк, В.В., Свинчук, В.А., Леснік, О.М. (2021). *Лісотаксаційний довідник*. Київ: Видавничий дім «Вінніченко». [Bilous, A.M., Kashpor, S.M., Myroniuk, V.V., Svinchuk, V.A., & Lesnik, O.M. (2020). *Forest inventory handbook*. Kyiv: "Vinichenko" Publishing House] (in Ukrainian)
- Бродович, Р.І., Гудима, В.М., Бродович, Ю.Р., Кацуляк, Ю.Д. (2013). Природне відновлення головних лісоутворювальних порід Карпатського регіону та шляхи його інтенсифікації. *Науковий вісник Національного лісотехнічного університе-*

*ту України*, 23(5), 162-168. [Brodovych, R.I., Gudyima, V.M., Brodovych, Yu.R., & Katsuliak, Yu.D. (2013). Natural restoration of the main forest-forming species of the Carpathian region and ways of its intensification. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 23(5), 162-168. Retrieved from [https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2013/23\\_5/162\\_Bro.pdf](https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2013/23_5/162_Bro.pdf)] (in Ukrainian)

Вітер, Р.М. (2017). Вплив гусеничних трелювальних тракторів на стан підросту в гірських лісах Українських Карпат. *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України*, 27(1), 22-24. [Viter, R.M. (2017). The influence of crawler trawling tractors on the condition of the undergrowth in the mountain forests of the Ukrainian Carpathians. *Scientific Bulletin of the National Forestry University of Ukraine*, 27(1), 22-24. <https://doi.org/10.15421/40270104>] (in Ukrainian)

Гірс, О.А., Маніта, О.Г., Миронюк, В.В., Свинчук, В.А., Березінський, Л.М. (2013). *Лісотаксаційний довідник*. Київ: Видавничий дім «Вінніченко». [Girs, O.A., Manita, O.G., Myroniuk, V.V., Svinchuk, V.A., & Berezinsky, L.M. (2013). *Forest tax guide*. Kyiv: "Vinichenko" Publishing House] (in Ukrainian)

Генсірук, С.А. (1992). *Ліси України*. Київ: Наукова думка. [Gensiruk, S.A. (1992). *Forests of Ukraine*. Kyiv: Scientific opinion] (in Ukrainian)

Герушинський, З.Ю. (1996). *Типологія лісів Українських Карпат*. Львів: Піраміда. [Gerushinsky, Z.Yu. (1996). *Typology of the forests of the Ukrainian Carpathians*. Lviv: Pyramid] (in Ukrainian)

Голубец, М.А., Малиновский, К.А. (1967). Принципы классификации и классификация растительности Украинских Карпат. *Ботанический журнал*, 2, 189-201. [Golubets, M.A., & Malinovsky, K.A. (1967). Principles of classification and vegetation classification of the Ukrainian Carpathians. *Botanical Journal*, 2, 189-201. Retrieved from [https://geobot.org.ua/publication/article/?pb\\_year=1967](https://geobot.org.ua/publication/article/?pb_year=1967)] (in Russian)

Горошко, М.П., Миклуш, С.І., Хомюк, П.Г. (2004). *Біометрія*. Львів: Камула. [Horoshko, M.P., Miklush, S.I., & Khomiuk, P.G. (2004). *Biometrics*. Lviv: Kamula. Retrieved from <https://eln.stu.cn.ua/login/index.php>] (in Ukrainian)

Горшенин, Н.М., Бутейко, А.И. (1962). *Определитель типов условий местопроизрастания*. Львов: ЛГУ [Gorshenin, N.M., & Buteyko, A.I. (1962). *Determinant of types of site conditions*. Lviv: Lviv State University] (in Russian)

Горшенин, Н.М., Криницький, Г.Т. (1975). Влияние постепенных рубок на жизнеспособность подраста сосны и дуба в дубравах Львовского Расточья. *Лесоводство и агролесомелиорация*, 40, 106-112. [Gorshenin, N.M., & Krynytsky, G.T. (1975). The influence of gradual felling on the viability of pine and oak undergrowth in the oak groves of Lvovsky Roztochya. *Forestry and agroforestry*, 40, 106-112] (in Russian)

Горшенин, М.М., Криницький, Г.Т., Савич, І.П. (1972). Динаміка трав'яного покриву вирубок

- у бучинах Карпат. *Український ботанічний журнал*, 29(2), 185-190. [Gorshenin, M.M., Krynytskyu, G.T., & Savych, I.P. (1972). Dynamics of the grass cover of cuttings in the Carpathian beeches. *Ukrainian Botanical Journal*, 29(2), 185-190] (in Ukrainian)
- Горшенин, Н.М., Швиденко, А.И. (1977). *Лесоводство*. Львов: Вища школа. [Gorshenin, N.M., & Shvidenko, A.I. (1977). *Forestry*. Lviv: Higher School] (in Russian)
- Доброчаева, Д.Н., Котов, М.И., Прокудин, Ю.Н., Барбарич, А.И., Чопик, В.И., Протопопова, С.С., ... Орнст, Э.Й. (1987). *Определитель высших растений Украины*. Киев: Наукова думка. [Dobrochaeva, D.N., Kotov, M.I., Prokudin, Yu.N., Barbarych, A.I., Chopyk, V.I., Protopopova, S.S., ... Ornst, E.J. (1987). *Determinant of higher plants of Ukraine*. Kyiv: Scientific opinion] (in Russian)
- Жежжун, А.М. (2021). *Ліси Східного Полісся України: структура, продуктивність, формування та відтворення*. Мена: Домінант. [Zhezhkun, A.M. (2021). *Forests of Eastern Polissya of Ukraine: structure, production, formation and regeneration*. Mena: Dominant] (in Ukrainian)
- Збірник рекомендацій УкрНДІгірліс: Наукові засади ведення багаторічного лісового господарства у Карпатському регіоні (2001). Івано-Франківськ: Екор. [Collection of recommendations of the Ukrainian Research Institute of Mountain Forestry: Scientific principles of multipurpose forestry in the Carpathian region (2001). Ivano-Frankivsk: Ecor] (in Ukrainian)
- Каплуновский, П.С. (1965). Влияние освещенности на лесную среду и лесовозобновление в буковом насаждении. *Лесоводство и агролесомелиорация*, 3, 66-79. [Kaplunovsky, P.S. (1965). The influence of illumination on the forest environment and forest regeneration in a beech stand. *Silviculture and agroforestry*, 3, 66-79] (in Russian)
- Криницький, Г.Т., Делеган, І.І., Землинський, С.М., Савич, І.П. (1998). Особливості формування лісових фітоценозів на букових зрубках Українських Карпат. *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України*, 9, 26-32. [Krynytskyu, G.T., Delegan, I.I., Zemlinsky, S.M., & Savych, I.P. (1998). Peculiarities of the formation of forest phytocenoses in beech log cabins of the Ukrainian Carpathians. *Scientific Bulletin of the National Forestry University of Ukraine*, 9, 26-32] (in Ukrainian)
- Криницький, Г.Т., Савич, І.П. (1973). Сохранность самосева бука и его спутников на лесосеках разных способов рубок в Карпатах. *Лесоводство и агролесомелиорация*, 32, 52-55. [Krynytskyu, G.T., & Savich, I.P. (1973). Preservation of self-seeded beech and its companions at cutting sites of different logging methods in the Carpathians. *Silviculture and agroforestry*, 32, 52-55] (in Russian)
- Криницький, Г.Т., Чернявський, М.В., Дербаль, Ю.Ю., Делеган, І.В., Миклуш, С.І., Парпан, В.І., ... Яловиар, П. (2014). *Наближене до природи та багатofункціональне ведення лісового господарства в Карпатському регіоні України та Словаччини*. Ужгород: ПП «Коло». [Krynytskyu, H.T., Cherniavskyu, M.V., Derbal, Y.Y., Delehan, I.V., Myklush, S.I., Parpan, V.I., ..., Jaloviar, P. (2014). *Close-to-nature and multifunctional forest management in the Carpathian region of Ukraine and Slovakia*. Uzhgorod: PE "Kolo". Retrieved from <http://www.forza.org.ua/uk/nablizhene-do-prirodi-ta-bagatofunkcionalne-vedennya-lisovogo-gospodarstva-v-karpatskomu-regioni>] (in Ukrainian)
- Куриляк, В.М. (2007). *Динамічні тенденції формування букових лісів Прикарпаття: автореф. дис. ... кандидата с.-г. наук: 06.03.03*. Національний лісотехн. у-нт України. Львів. [Kuryliak, V.M. (2007). *Dynamic tendencies of formation of beech forests of Prykarpattia*. Doctoral dissertation abstract. Ukrainian National Forestry University, Lviv, Ukraine. Retrieved from <http://referatu.net.ua/referats/7569/171557>] (in Ukrainian)
- Лавний, В.В., Мазепа, В.Г., Шишканинець, І.Ф., Заяць, М.В. (2021). Особливості природного поновлення у букових деревостанах Українських Карпат. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 22, 41-51. [Lavnyy, V.V., Mazepa, V.G., Shishkanynets, I.F., & Zayats, M.V. (2021). Peculiarities of natural regeneration in beech stands of the Ukrainian Carpathians. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 22, 41-51. <https://doi.org/10.15421/412103>] (in Ukrainian)
- Мегалінський, П.М., Наконечний, В.С. (1967). Лісівницька ефективність поступових рубок в лісах Полісся Української РСР. *Вирощування і таксація лісових насаджень*, 2, 127-136. [Megalinsky, P.M., & Nakonechnyy, V.S. (1967). Forestry effectiveness of gradual felling in the forests of Polissia of the Ukrainian SSR. *Cultivation and assessment of forest plantations*, 2, 127-136] (in Ukrainian)
- Михайлів, О.Б., Стрянець, Г.В., Хомин, І.Г. (2016). Природне лісовідновлення у прогалинах букових лісів Природного заповідника «Розточчя». *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України*, 26(4), 124-130. [Mykhailiv, O.B., Stryamets, G.V., & Khomin, I.G. (2016). Natural reforestation in the gaps of the beech forests of the Roztochya Nature Reserve. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 26(4), 124-130. <https://doi.org/10.15421/40260419>] (in Ukrainian)
- Молотков, П.И. (1966). *Буковые леса и хозяйство в них*. Москва: Лесная промышленность. [Molotkov, P.I. (1966). *Beech forests and forestry in them*. Moskva: Forest industry] (in Russian)
- Молотков, П.И., Мамонов, Н.И., Гниденко, В.И., Молоткова, И.И. (1971). *Естественное возобновление лесов*. Ужгород: Карпаты. [Molotkov, P.I., Mamonov, N.I., Gnidenko, V.I., & Molotkova, I.I. (1971). *Natural regeneration of forests*. Uzhhorod: Carpathians] (in Ukrainian)
- Олійник, В.С., Блистів, В.І. (2019). *Грабово-букові ліси Закарпаття: формування, стійкість, захисна*

- роль. Івано-Франківськ: НАІР. [Oliynyk, V.S., & Blystiv, V.I. (2019). *Hornbeam and beech forests of Transcarpathia: formation, stability, protective role*. Ivano-Frankivsk: NAIR]
- Остапенко, Б. Ф., Ткач, В. П. (2002). *Лісова типологія*. Харків: вид-во Харків. держ. аграр. ун-ту ім. В. В. Докучаєва. [Ostapenko, B.F., & Tkach, V.P. (2002). *Forest typology*. Kharkiv: Publishing House of Kharkiv State Agrarian University. Retrieved from <https://z-lib.io/book/16533978>] (in Ukrainian)
- Парпан, В. І., Вітер, Р. М. (1999). Букові ліси Опілля, їх природне відтворення. *Науковий вісник Українського державного лісотехнічного університету: Лісівничі дослідження в Україні (IX Погребняківські читання)*, 9(10), 172-177. [Parpan V.I., & Viter, R.M. (1999). Beech forests of Opillia, their natural reproduction. *Scientific Bulletin of the Ukrainian State Forestry University: Forestry Research in Ukraine (IX Pogrebnyak Readings)*, 9(10), 172-177] (in Ukrainian)
- Погребняк, П. С. (1993). *Лісова екологія і типологія лісів: вибрані праці*. Київ: Наукова думка. [Pogrebnyak, P.S. (1993). *Forest ecology and forest typology: selected works*. Kyiv: Scientific opinion] (in Ukrainian)
- Правила рубок головного користування* (2009). Затверджено наказом Держкомлісгоспу України від 23.12.2009 р., № 364. Київ: Державний комітет лісового господарства України [Main felling rules (2009). Approved. By order of the State Forestry Committee of Ukraine dated December 23, 2009, No.364. Kyiv: State Forestry Committee of Ukraine. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0085-10#Text>] (in Ukrainian)
- СОУ 02.02-37-476 (2006). *Площі пробні лісовпорядні. Метод закладання*. Чинний від 01.05.2007. Київ: Мінагрополітики України [SOU 02.02-37-476 (2006). *Forest-managed trial plots. Laying out method*. Effective from 01 May 2007. Kyiv: Ministry of Agrarian Policy of Ukraine] (in Ukrainian)
- Сабан, Я. А. (1988). *Продуктивность и возобновление леса в горных условиях*. Львов: Вища школа. [Saban, J.A. (1988). *Productivity and reforestation in mountain conditions*. Lviv: Higher School] (in Russian)
- Ткач, В. П., Кобець, О. В., Румянцев, О. Г. (2018). Використання лісорослинного потенціалу лісами України. *Лісівництво та агролісомеліорація*, 132, 3-12. [Tkach, V.P., Kobets, O.V., & Remyantsev, O.G. (2018). Use of forest plant potential by the forests of Ukraine. *Forestry and agroforestry*, 132, 3-12. Retrieved from [http://nbuv.gov.ua/UJRN/lisam\\_2018\\_132\\_3](http://nbuv.gov.ua/UJRN/lisam_2018_132_3)] (in Ukrainian)
- Ткач, В. П., Тарнопільська, О. М., Орлов, О. О. (2024). *Типи лісових формацій України в системі європейських класифікацій*. Харків: Друкарня Мадрид. [Tkach, V.P., Tarnopil'ska, O.M., & Orlov, O.O. (2024). *Types of forest formations of Ukraine in the system of European classifications*. Kharkiv: Madrid Printing House] (in Ukrainian)
- Тышкевич, Г. Л. (1984). *Охрана и восстановление буковых лесов*. Кишинев: Штеница. [Tyshkevich, G.L. (1984). *Protection and restoration of beech forests*. Chisinau: Shtinita] (in Russian)
- Barna, M. (2008). The effects of cutting regimes on natural regeneration in submountain beech forests: species diversity and abundance. *Journal of Forest Sciences*, 54(12), 533-544. <https://doi.org/10.17221/42/2008-JFS>
- Commarmot, B., Brändli, U.-B., Hamor, F., & Lavnyy V. (eds) (2013): *Inventory of the Largest Primeval Beech Forest in Europe. A Swiss-Ukrainian Scientific Adventure*. Birmensdorf, Swiss Federal Research Institute WSL; L'viv, Ukrainian National Forestry University; Rakhiv, Carpathian Biosphere Reserve
- Stiers, M., Willim, K., Seidel, D., Ammer, C., Kabal, M., Stillhard, J., & Annighöfer, P. (2019). Analyzing Spatial Distribution Patterns of European Beech (*Fagus sylvatica* L.) regeneration in Dependence of Canopy Openings. *Forests*, 10(8), 637-656. <https://doi.org/10.3390/f10080637>

### The impact of group-selection felling on the process of natural regeneration under the canopy of a beech forest stand of the Pokuttia Carpathians

P.Vandzhurak<sup>1</sup>, Iu. Debryniuk<sup>2</sup>

Group-selection (group-shelterwood) felling ensures good development of self-seeding and young growth of *Fagus sylvatica* L. in the conditions of moist fertile beech forest type of the Pokuttia Carpathians. The number of reliable and healthy young-growth plants in the second year after the first expansion of the regeneration gaps (the second cut of felling) exceeds 21 thousand pieces per hectare, which is significantly higher than the standard indicator (15 thousand pcs/ha), which provides for the next cut of felling.

The initial area of the regeneration gaps within the limits of 300 m<sup>2</sup> does not contribute to sodding of the site and the growth of swamp dewberry. It is advisable to time the expansion of the regeneration gaps to abundant harvests of beech, which ensures the emergence of a significant amount of self-seeding of the

<sup>1</sup> Pavlo Vandzhurak – PhD candidate. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: 032-237-80-94. E-mail: [pavlov.76@ukr.net](mailto:pavlov.76@ukr.net) ORCID: <http://orcid.org/0009-0007-5466-5824>

<sup>2</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 at the Department of Forest Crops and Forest Selection. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: 032-235-30-12. E-mail: [debryniuk\\_ju@ukr.net](mailto:debryniuk_ju@ukr.net) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0994-349X>

tree species the following year and does not lead to the area being overgrown with secondary vegetation.

Two years later, after the first expansion of the regeneration gaps (the second cut of felling), the amount of self-seeding and young growth is 30-42 thousand pieces per hectare, of which 1-year-olds (self-seeding) is 31.1%; 2-3-year-olds – 28.2%; 4-7-year-olds – 16.4%; 8-15-year-olds – 10.7%, and 15-year-olds – 13.6%. The expansion of the regeneration gaps stimulated, first of all, the development of self-seeding and small young-growth plants.

Somewhat different distribution of young-growth plants was observed in the context of height groups. Thus, the largest share (32.2%) is occupied by plants up to 9.9 cm high, which are represented mainly by self-seeding. Small young-growth plants ( $h=10-19.9$  cm) occupy almost the same share in natural regeneration (31.4%). The third position is occupied by the largest young-growth plants (130 cm and  $>$ ) – 15.6%, their gradual accumulation was observed in all four regeneration gaps.

A smaller but noticeable share among natural regeneration is occupied by young growth of the height group 20-29.9 cm (10.9%). The young growth of the other three height groups (30-39.9; 40-69.9; 70-99.9 cm) was recorded in a very small amount (1.7; 1.7 and 1.8%). Slightly more young growth (4.7%) was recorded, with a height of 100-129.9 cm.

Comparison of the distribution of beech self-seeding and young growth by age and height groups gives grounds to assert that 1-year-old plants belong to the height group up to 10 cm; 2-3-year-olds – mainly to the height group of 10-20 cm; 4-7-year-olds – to the height group of 20-40 cm, 8-15-year-olds – to the height group of 40-100 cm. The young growth, the

age of which exceeds 15 years, has a height of 100 cm and more.

“The regulations for final felling” (2009) provide for the expansion of regeneration gaps every 5-10 years and the completion of group selection felling after 30-40 years. However, in the moist fertile beech forest type conditions, after the second cut of group-selection felling, the standard number of beech young-growth plants of 15 thousand pieces per hectare appears already in the second or third year after felling. This makes it possible to significantly reduce the time between successive expansions of regeneration gaps (by cutting) and thus to significantly speed up the implementation of the final group-selection felling.

When carrying out the first few cuts of group-selection felling, it is possible to significantly protect the beech young growth from damage by felling trees in the opposite direction from the regeneration gaps. The most damaged is young growth of 1.0 m and higher. Along with this, the young-growth plants with a damaged top and broken lateral shoots regenerate almost completely within two to five years.

The section where group-selection felling is introduced is well-provided with healthy and reliable young growth of the main tree species, therefore this felling method is suitable for use in beech stands.

It is necessary to expand the regeneration gaps in a timely manner, based on the silvicultural situation in the areas. Despite the good regeneration ability of damaged woody plants, one should not allow the accumulation of large-sized young growth, which is most damaged during subsequent felling operations.

**Key words:** natural regeneration; self-seeding; young growth; European beech; age groups; height groups; young growth preservation.



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

<http://fasu.nltu.edu.ua>  
<https://doi.org/10.15421/412415>

Article received 2024.05.19

Article accepted 2024.10.18

ISSN 1991-606X print

ISSN 2616-5015 online

@ ✉ Correspondence author

Volodymyr Voron

52corvus@gmail.com

86 Hryhoriy Skovoroda st., Kharkiv, 61024, Ukraine

УДК 630\*43:630.561.243

## Лісотипологічне оцінювання природної пожежної небезпеки лісів

В. П. Ворон<sup>1</sup>, А. Д. Кузик<sup>2</sup>, С. В. Івашинюта<sup>3</sup>, Ю. Р. Ціпан<sup>4</sup>

*Проаналізовано масштабність та наслідки лісових пожеж в Україні за останні роки. Для попередження виникнення лісових пожеж вагоме значення має пошук нових підходів щодо оцінювання пожежної небезпеки, які мають враховувати не лише фізичні принципи виникнення й поширення пожеж, але й базуватися на лісівничих засадах. Об'єктами досліджень були типи лісів України та їхня стійкість до ураження лісовими пожежами. Природну пожежну небезпеку соснових лісів оцінювали, базуючись на списку типів лісу за Б. Ф. Остапенком, В. П. Ткачем (2002). Враховано особливості видового складу рослинності в межах типів лісу, що сформувались у рівнинних умовах України, вплив лісорослинних умов та лісової рослинності, як горючого матеріалу, на пожежну небезпеку. Встановлено залежність природної пожежної небезпеки від лісотипологічних особливостей насаджень, що зумовлено формуванням породного складу, запасу підстилки та рясності живого надґрунтового вкриття.*

*За результатами експериментальних досліджень щодо займання трав'яних рослин і мохів у межах Мало́го Полісся, до пожежонебезпечних видів віднесено 14 трав'яних рослин з родини Тонконогових, 11 – з родини Осокових, 4 – з родини Брусничних, п'ять видів мохів та лишайників. Найбільше представництво пожежонебезпечних видів рослин спостережено у сухому борі (А<sub>1</sub>). Встановлено, що деякі види рослин (гігрофіти та мезогігрофіти) здатні швидко загорятись і підтримувати горіння. Здійснено поділ типів лісу на п'ять класів пожежної небезпеки: до першого класу віднесено дуже сухі і сухі типи лісорослинних умов; до другого, третього і четвертого класів – відповідно, свіжі, вологі та сирі типи, а до п'ятого класу – типи лісу мокрих і дуже мокрих лісорослинних умов. Удосконалено шкалу оцінювання природної пожежної небезпеки ділянок лісового фонду, як об'єктів загоряння, з урахуванням типів лісу.*

**Ключові слова:** лісові пожежі; гігропон; трофотон; горючі матеріали; підстилка; живе надґрунтове вкриття; захаращеність; лісова рослинність.

**Вступ (Introduction).** Проблема лісових пожеж останніми роками набула небачених масштабів. Починаючи з 2017 р., відзначено безпрецедентне збільшення площі та кількості випадків лісових пожеж у всьому світі: в Португалії і Чилі (Gómez-

González, Ojeda, & Fernandes, 2018), Індонезії (Rochmyaningsih, 2020), Португалії (Boer et al., 2017), Сибіру (McCarty, Smith, & Turetsky, 2020; Nolan et al., 2020a), Австралії (Nolan et al., 2020), у басейнах річок Амазонки та Оріноко (Barlow et al.,

<sup>1</sup> Ворон Володимир Пантелеймонович – академік Лісівничої академії наук України, доктор сільськогосподарських наук, головний науковий співробітник. Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького, м. Харків, 61024, Україна. E-mail: 52corvus@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-1059-3032>

<sup>2</sup> Кузик Андрій Данилович – доктор сільськогосподарських наук, професор, проректор з наукової роботи. Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, м. Львів, 79057, Україна. E-mail: andrij\_k@yahoo.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0118-9493>

<sup>3</sup> Івашинюта Сергій Володимирович – кандидат сільськогосподарських наук. Надслучанський інститут Національного університету водного господарства та природокористування, м. Березне, 34600, Україна. E-mail: s.v.ivashyniuta@nuwm.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-7397-2014>

<sup>4</sup> Ціпан Юлія Романівна – старший викладач. Надслучанський інститут Національного університету водного господарства та природокористування, м. Березне, 34600, Україна. E-mail: y.r.tsipan@nuwm.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7279-7416>

2020), у західній частині США (Pickrell, & Pennisi, 2020). За даними супутникових знімків, з 2000 р. вогнем щороку було охоплено 350 млн га вкритої рослинністю території земної поверхні, більшість якої – це ліси (Кузик, 2019). За результатами досліджень Ma et al. (2020) представлено широкий аналіз особливостей лісових пожеж у Китаї.

Постійно напружена ситуація з лісовими пожежами і в Україні (Кузик, 2019; Ворон та ін., 2021). Загалом за період 1992-2017 рр. у лісах, підпорядкованих Державному агентству лісових ресурсів України, зафіксовано 86958 пожеж, а загальна площа лісів, пошкоджених пожежами, становила 115457 га. Класичним прикладом є катастрофічні лісові пожежі в Українському Поліссі та Луганщині у 2020 р., коли вплив комплексу несприятливих чинників призвів до найбільших лісових пожеж за всю історію незалежної України. Пожежами було охоплено понад 74,6 тис. га лісів, а економічні втрати сягнули 19,1 млрд грн (Зібцев та ін., 2023).

Пожежна безпека – це комплексне оцінювання чинників середовища, що впливають на виникнення і поширення лісових пожеж (Ходаков, Жарікова, 2011). При цьому у наукових публікаціях пожежна безпека часто трактується як синонім пожежних ризиків, хоча їх варто розглядати як окремі складові (Bachmann, & Allgower, 2000). На сьогодні виділяють: а) природну пожежну небезпеку ділянок лісового фонду, що враховує переважно статичні змінні, які не змінюються або змінюються повільно (стрімкість схилу, експозиція, тип рослинності, тип ґрунту тощо); б) пожежну небезпеку за умовами погоди, що враховує переважно динамічні погодні чинники.

В Україні для визначення природної пожежної небезпеки ділянок лісового фонду використовують шкалу (Правила пожежної безпеки..., 2004), яка базується на лісівничій характеристиці ділянок лісового фонду (склад, вік, наявність підросту та підліску). Поряд з тим, ця шкала є калькою запропонованої у свій час шкали І.С. Мелехова. Вона загалом відображає лише напрямки поділу земельних ділянок лісового фонду на класи пожежної небезпеки без урахування різноманіття типів лісу, оперуючи лише типами лісорослинних умов, особливостями періодів пожежонебезпечного сезону, переважаючими видами лісових горючих матеріалів. Розглянуті лише хвойні та листяні породи загалом, а конкретизація деревних видів відсутня. Тому *високою актуальністю* відзначається питання уточнення та подальшого удосконалення шкали природної пожежної небезпеки.

*Мета роботи* – оцінити природну пожежну небезпеку лісів у рівнинній частині України на лісо-типологічній основі для оптимального планування заходів щодо захисту лісу від пожеж.

**Об'єкти та методика дослідження (Objects and methods).** *Об'єкт дослідження* – соснові насадження у різних типах лісу рівнинної частини України. *Предмет дослідження* – природна по-

жежна безпека лісостанів, горимість лісів, лісові горючі матеріали та прогнозування пожежної небезпеки.

Для досягнення мети визначено такі основні *завдання дослідження*: оцінювання природної пожежної небезпеки соснових лісів України; встановлення видового складу трав і мохів, які, завдяки здатності швидко загорятися, посилюють загрозу виникнення пожеж; розподілення типів лісу соснових лісів рівнинної частини України на п'ять класів пожежної небезпеки; удосконалення шкали оцінювання природної пожежної небезпеки ділянок лісового фонду, як об'єктів загоряння, з урахуванням типів лісу.

Для оцінювання природної пожежної небезпеки ділянок лісового фонду (соснових лісів) використано відношення рослинності до пожеж у межах типів лісу. Для цього використано відповідні напрацювання (Кузик, 2019; Левченко, Борсук О., Борсук А., 2015) та результати досліджень лабораторії екології лісу УкрНДЛГА (Ворон та ін., 2021).

Відповідно до складу надґрунтового вкриття та його відношення до вологості ґрунту, оцінено природну пожежну небезпеку соснових лісів згідно зі списком типів лісу, сформованого Б.Ф. Остапенком, В.П. Ткачем (2002).

Враховано екологічні особливості типів лісу, що виділені у рівнинній частині України, з поділом їх на п'ять класів пожежної небезпеки. До першого класу пожежної небезпеки віднесено дуже сухі і сухі типи лісу, до другого, третього і четвертого класів – відповідно свіжі, вологі та сирі, до п'ятого класу – типи лісу у мокрих та дуже мокрих лісорослинних умовах.

**Результати (Results).** Дослідження лісових пожеж у різних регіонах України дало змогу встановити тенденції їх виникнення та особливості постпірогенного пошкодження лісів (Ворон та ін., 2021): 1) переважна більшість пожеж виникає в найбільш пожежонебезпечних сосняках; 2) підстилка, яка є однією із основних складових лісового горючого матеріалу (ЛГМ), відіграє вирішальну роль у виникненні та розвитку пожеж; 3) постпірогенний розвиток сосняків визначається інтенсивністю пошкодження, таксаційними показниками деревостанів і типом лісорослинних умов; пірогенні наслідки для сосняків у вологих і сирих гігротопах більш катастрофічні, ніж у сухих та свіжих умовах; 4) у сприятливі роки за кількістю опадів, під час низових пожеж домінують пошкодження стовбура; катастрофічними є наслідки пожеж в аномально сухі роки, коли відбувається пошкодження крони конвективними потоками гарячого повітря; у вологих і сирих гігротопах до загибелі сосняків призводить пошкодження кореневих систем; 5) летальним для розвитку сосняків є пошкодження: конвективними потоками 2/3 крони дерев; тепловипромінюванням – стовбура за товщини кори менше ніж 3 мм; теплопровідністю – поверхневої кореневої системи й кореневих лап.

Наявність смолистих речовин у сосни, ефірних масел у кедра, ялиці, ялини підвищує їхню горимість. Запас пожежонебезпечних речовин – живиці та скипидару в її складі зростає у деревостанах зі збільшенням частки сосни та віку і зменшується зі зниженням повноти (Кузик, 2019).

Найбільш пожежонебезпечними є сосняки і модринаки, які пропускають багато сонячного проміння, що призводить до швидкого висихання опадів і лісової підстилки (Левченко та ін., 2015). Молодняки і середньовікові деревостани є більш пожежонебезпечними, ніж стиглі. Сосняки надзвичайно легко піддаються загорянню у дуже сухих та сухих борах ( $A_0$ ,  $A_1$ ); легко піддаються у свіжих борах ( $A_2$ ), суборах ( $B_2$ ) і сугрудах ( $C_2$ ). Відносно помірну небезпеку загоряння спостережено у вологих борах ( $A_3$ ) і суборах ( $B_3$ ). Важко піддаються загорянню сосняки в сирих і мокрих борах та суборах ( $A_4$ ,  $B_4$ ,  $A_5$ ,  $B_5$ ), вологих ( $C_3$ ), сирих ( $C_4$ ) і мокрих ( $C_5$ ) сугрудах (Кузик, 2019; Левченко та ін., 2015). Тобто небезпека виникнення пожежі у лісі зменшується зі збільшенням вологості лісорослинних умов і багатства ґрунту.

У наземній групі лісових горючих матеріалів переважають живе надґрунтове вкриття, опад і лісова підстилка. Інтенсивність пожежі залежить, насамперед, від запасу горючого матеріалу, основною складовою якого є лісова підстилка. Особливо важлива ця умова для сосняків Полісся, в яких запас підстилки змінюється від 124 до 830 ц/га, збільшуючись з віком (Ворон та ін., 2021). Найменший він у віці 20-30 років (124-246 ц/га), а максимального значення набуває у 80-річних сосняках (830 ц/га).

У сосняках, подібних за гігروتопом, у дещо багатших трофотопіях (суборах) нагромаджуються більші запаси підстилки, ніж у бідних умовах (борах). Так, у 60-річних сосняках у борових умовах запас підстилки становив 355, а в суборових – 703 ц/га. В умовах сугрудку запас мортмаси є меншим, що свідчить про інтенсивний процес розкладання підстилки.

Під час встановлення потенційної пожежної небезпеки виникає певне протиріччя у зв'язку з тим, що небезпека виникнення пожежі є найменшою у вологих гігروتопіях, проте загальний запас наземних горючих матеріалів є найбільшим саме у типах лісорослинних умов з надмірним зволоженням ґрунту, де розкладання органічної речовини відбувається повільно.

Водночас за посушливих погодних умов унаслідок висихання величезних запасів мортмаси сосняки навіть у вологих типах лісу стають пожежонебезпечними, а температура горіння підстилки може перевищувати 600°C, що створює надзвичайну пожежну загрозу. Про це свідчать пожежі в аномально сухому 2015 р. на території Полісся, коли горіння соснових лісостанів саме у вологих суборах призвело до катастрофічних наслідків (Ворон та ін., 2021).

У таких умовах важливим чинником пожежної небезпеки є також формування, поряд із опадом хвої, гілок, шишок, живого надґрунтового вкриття (ЖНВ). Його біомаса у сухих гігروتопіях є незначною, оскільки тут ЖНВ формується переважно лишайниками та злаками. Водночас у вологих борах надґрунтове вкриття формується за рахунок мохів, а у вологих суборах – мохів, чорниці та брусниці, біомаса яких може сягати 114 ц/га.

У виникненні пожеж вагоме значення має видовий склад і яскравість трав'яного вкриття. Так, менш пожежонебезпечними є сосняки зеленомохові і чорничникові, ніж з покривом із вересу, брусниці, лишайників, а в сосняках-довгомошниках і сфагнових пожежа можлива тільки після тривалої посухи (Левченко та ін., 2015). У лісах виникнення і поширення низових пожеж залежать від видового складу, яскравості та проективного трав'яного вкриття.

Трав'яні рослини, мохи та лишайники поділяють на пожежонебезпечні, слабозаймисті та вогнестійкі (Кузик, 2019). Займистими вважають рослини з вічнозеленим листям або голками; малими або мереживними жорсткими листками; великим вмістом летких олій, терпенів, ароматизаторів; трави у сухому стані, які горять, а не тліють, під час контакту з полум'ям сірника.

Займисті рослини мають тонкі тверді листки (ксерофіти) і представлені переважно різноманітними злаками. Важче займаються та повільно горять рослини з широкими м'ясистими листками, з високим вмістом солей у тканинах.

За результатами експериментальних досліджень (Кузик, 2019) встановлено швидкість займання трав'яних і мохових рослин у межах Малого Полісся. До пожежонебезпечних видів віднесено 14 видів трав'яних рослин із родини Тонконогових (грязиця збірна [*Dactylis glomerata* L.], кипець сизий [*Koeleria glauca* (Spreng.) DC.], ковила периста [*Stipa johannis* Cel.], костриця овеча [*Festuca ovina* L.], куничник наземний [*Calamagrostis epigeios* (L.) Roth.], куцоніжка периста [*Brachypodium pinnatum* P.B.], молінія голуба [*Molinia caerulea* (L.) Moench], гвоздика піскова [*Dianthus arenarius* L.], перлівка поникла [*Melica nutans* L.], просянка розлога [*Milium effusum* L.], тимофіївка степова [*Phleum phleoides* Sm.], тонконіг сизий [*Koeleria glauca* (Spreng.) DC.], тонконіг гайовий [*Poa nemoralis* L.], щучник дернистий [*Deschampsia cespitosa* L.]); 11 видів трав'яних рослин із родини осокових (осока багнова [*Carex limosa* L.], осока вздута [*Carex inflata* Huds.], осока волосиста [*Carex pilosa* Scop.], осока загострена [*Carex acutiformis* Ehrh.], осока короткошиїкова [*Carex brevicolis* D.C.], осока лісова [*Carex sylvatica* Huds.], осока несправжньосмикавцева [*Carex pseudocyperus* L.], осока пухирчата [*Carex vesicaria* L.], осока пухнатопада [*Carex lasiocarpa* Ehrh.], осока чорноколоса [*Carex melanostachya* M.B.], пухівка піхвова [*Eriophorum vaginatum* L.]); чотири види

трав'яних рослин з родини брусничних (брусниця [*Vaccinium vitis-idaea* L.], буяхи [*Vaccinium uliginosum* L.], журавлина болотяна [*Vaccinium oxycoccos* L.], чорниця [*Vaccinium myrtillus* L.]); п'ять видів мохів (гілокомій блискучий [*Hylocomium splendens* (Hedw.) Schimp.], дикран хвилястий [*Dicranum undulatum* Ehrh.], плевроцій Шребера [*Pleurozium schreberi* (Willd. Ex Brid.) Mitt.], птілій пірчатий [*Ptilium crista-casterensis* (Hedw.) De Not.], цетрарія ісландська [*Cetraria islandica* L. Ach.]), а також лишайники роду Кладонія (*Cladonia* Nyl.) та верес звичайний (*Calluna vulgaris* [L.] Hull).

Найбільше представництво пожежонебезпечних видів встановлено у сухому бору (А<sub>1</sub>), де із 11 видів вісім мають високу здатність до загорання (табл. 1). Вони належать переважно до родини Злакових або Тонконогових. Із збільшенням вологості і трофності, кількість видів слабозаймистих і вогнестійких рослин збільшується, а пожежонебезпечних – зменшується. Пожежонебезпечні види відмічено також у мокрих і сирих гігротопах.

**Таблиця 1. Кількість видів трав'яних рослин, мохів і лишайників за пожежною небезпекою у різних типах лісорослинних умов**

**Table 1. Number of herbaceous plants, mosses and lichens species according to the fire hazard in different types of forest site conditions**

| Індекс<br>ТЛУ  | Категорії пожежної небезпеки |                    |                  | Всього |
|----------------|------------------------------|--------------------|------------------|--------|
|                | Пожежо-<br>небезпечні        | Слабо-<br>займисті | Вогне-<br>стійкі |        |
| A <sub>1</sub> | 8                            | 1                  | 2                | 11     |
| A <sub>2</sub> | 2                            | 1                  | 3                | 6      |
| A <sub>3</sub> | 2                            | –                  | 1                | 3      |
| A <sub>4</sub> | 6                            | –                  | 3                | 9      |
| A <sub>5</sub> | 3                            | –                  | 2                | 5      |
| B <sub>1</sub> | 5                            | 5                  | 6                | 16     |
| B <sub>2</sub> | 2                            | 6                  | 6                | 14     |
| B <sub>3</sub> | 7                            | –                  | 4                | 11     |
| B <sub>4</sub> | 9                            | –                  | 4                | 13     |
| B <sub>5</sub> | 5                            | 3                  | 6                | 14     |
| C <sub>1</sub> | 2                            | 4                  | 8                | 14     |
| C <sub>2</sub> | 4                            | 5                  | 9                | 18     |
| C <sub>3</sub> | 4                            | 3                  | 10               | 17     |
| C <sub>4</sub> | 5                            | 5                  | 11               | 21     |
| C <sub>5</sub> | 2                            | 1                  | 2                | 6      |
| D <sub>1</sub> | 5                            | 1                  | 4                | 10     |
| D <sub>2</sub> | 1                            | –                  | 7                | 8      |
| D <sub>3</sub> | 4                            | 1                  | 17               | 22     |
| D <sub>4</sub> | –                            | 4                  | 11               | 15     |
| D <sub>5</sub> | 3                            | 2                  | 8                | 13     |

Традиційно вважається, що найбільша інтенсивність загоряння характерна для наземних лишайників і злакової рослинності (родини Тонконогових та Осокових), які переважно є ксерофітами. Проте до цієї групи належать також мохи і представники родини вересових – чорниця, брусниця, буяхи, журавлина. Незважаючи на те, що ці рослини належать до мезогігрофітів або гігрофітів, вони мають здатність швидко займатися та підтримувати горіння. Таке інтенсивне горіння цих рослин трапилося в аномально сухому 2015 р., коли після трьох місяців посухи полум'ям були охоплені величезні запаси як підстилки, так і живого надгрунтового вкриття, що складався з мохів та представників родини вересових. Під час експериментальних досліджень спостережено також горіння вересових у вегетуючому стані.

На процеси виникнення і поширення пожеж впливають також мікрокліматичні умови під наметом деревостану, які залежать від лісотипологічних особливостей ділянки лісу (напр., наявність галявин, вікон), а також лісівничої характеристики лісостану (вік, відносна повнота, зімкненість крон). За однакових погодних умов загалом відносна вологість повітря нижча, а температура – вища у дуже сухих, сухих і свіжих борових та суборових едафотоплах порівняно з вологими, сирими та мокрими сугрудами і грудками (Левченко та ін., 2015). Тобто основою для встановлення природної пожежної небезпеки повинні бути лісівничо-типологічні підходи.

Відповідно до особливостей лісостанів, усі типи лісу, що виділені в рівнинній частині України (Остапенко, Ткач, 2002), можна поділити за п'ятьма класами пожежної небезпеки. Поділ має такий вигляд.

**1 клас. Сосняки:** дуже сухий сосновий бір (А<sub>0</sub>-С); сухий сосновий бір (А<sub>1</sub>-С); сухий дубово-сосновий суббір (В<sub>1</sub>-дС). **Дубняки:** дуже сухий дубово-сосновий суббір (В<sub>0</sub>-дС); сухий дубово-сосновий суббір (В<sub>1</sub>-дС); дуже суха пакленова судіброва (С<sub>0</sub>-кпД); дуже суха пакленова діброва (D<sub>0</sub>-кпД); дуже суха діброва з дубом пухнастим (D<sub>0</sub>-Дп); суха пакленова судіброва (С<sub>1</sub>-кпД); суха чорнокленова судіброва (С<sub>1</sub>-ктД); суха скупієва судіброва (С<sub>1</sub>-скД); суха судіброва з дубом скельним (С<sub>1</sub>-Дск); суха грабова судіброва (С<sub>1</sub>-гД); суха діброва з дубом пухнастим (D<sub>1</sub>-Дп); суха чорнокленова діброва (D<sub>1</sub>-ктД); суха берестово-пакленова діброва (D<sub>1</sub>-бр-кпД); суха грабова діброва (D<sub>1</sub>-гД); суха діброва з дубом скельним (D<sub>1</sub>-Дск).

**2 клас. Сосняки:** свіжий сосновий бір (А<sub>2</sub>-С); свіжий дубово-сосновий суббір (В<sub>2</sub>-дС); свіжий буково-сосновий суббір (В<sub>2</sub>-бкС); свіжий буково-сосновий сугруд (С<sub>2</sub>-бкС); свіжий грабово-сосновий сугруд (С<sub>2</sub>-гС). **Дубняки:** свіжий суббір з дуба скельного (В<sub>2</sub>-Дск); свіжий заплавний осоковий суббір (В<sub>2</sub>-Т<sup>3</sup>); свіжа пакленова судіброва (С<sub>2</sub>-кпД); свіжа заплавна берестова судіброва (С<sub>2</sub>-брД<sup>3</sup>); свіжа

грабова судіброва (C<sub>2</sub>-гД); свіжа грабово-соснова судіброва (C<sub>2</sub>-г-сД); свіжа липово-соснова судіброва (C<sub>2</sub>-лп-сД); свіжа судіброва з дубом скельним (C<sub>2</sub>-Дск); свіжий пристеловий дубово-сосновий сугруд (C<sub>2</sub>-дС); свіжий заплавний в'язово-осоколевий сугруд (C<sub>2</sub>-взТ<sup>3</sup>); свіжа заплавна судіброва (C<sub>2</sub>-Д<sup>3</sup>); свіжа грабова діброва (D<sub>2</sub>-гД); свіжа грабова діброва з дубом скельним (D<sub>2</sub>-гДск); свіжа кленово-липова діброва (D<sub>2</sub>-кл-лпД); свіжа ясеневоліпова діброва (D<sub>2</sub>-яс-лпД); свіжа заплавна берестово-пакленова діброва (D<sub>2</sub>-бр-кпД<sup>3</sup>). **Бучини:** свіжа дубово-грабова субчина (C<sub>2</sub>-д-гБк); свіжа букова діброва (D<sub>2</sub>-бкД); свіжа грабова бучина (D<sub>2</sub>-гБк).

**3 клас. Сосняки:** вологий сосновий бір (A<sub>3</sub>-С); вологий дубово-сосновий субір (B<sub>3</sub>-дС); вологий ялиново-сосновий субір (B<sub>3</sub>-ялС); вологий заплавний грабово-сосновий сугруд (C<sub>3</sub>-гС<sup>3</sup>); волога липово-соснова судіброва (C<sub>3</sub>-лп-сД); вологий дубово-сосновий сугруд (C<sub>3</sub>-дС); вологий буково-сосновий сугруд (C<sub>3</sub>-бкС); вологий заплавний в'язово-осоколевий сугруд (C<sub>3</sub>-вз-Т<sup>3</sup>). **Дубняки:** вологий заплавний осоколевий субір (B<sub>3</sub>-Т<sup>3</sup>); волога заплавна судіброва (C<sub>3</sub>-Д<sup>3</sup>); волога заплавна грабова судіброва (C<sub>3</sub>-гД<sup>3</sup>); волога грабово-соснова судіброва (C<sub>3</sub>-г-сД); вологий вербо-тополевий сугруд (C<sub>3</sub>-вТб); волога грабова діброва (D<sub>3</sub>-гД); волога букова діброва (D<sub>3</sub>-бкД); волога грабова бучина (D<sub>3</sub>-гБк); волога кленово-липова діброва (D<sub>3</sub>-кл-лпД); волога ясеневоліпова діброва (D<sub>3</sub>-яс-лпД); волога заплавна в'язово-ясенева діброва (D<sub>3</sub>-вз-Д<sup>3</sup>); волога заплавна в'язова діброва (D<sub>3</sub>-взД<sup>3</sup>); волога берестово-пакленова діброва (D<sub>3</sub>-бр-кпД).

**4 клас. Сосняки:** сирий дубово-сосновий субір (B<sub>4</sub>-дС); сирий ялиново-сосновий субір (B<sub>4</sub>-ялС); сирий березово-сосновий субір (B<sub>4</sub>-бС); сирий

дубово-грабово-сосновий сугруд (C<sub>4</sub>-г-дС); сирий ялиново-грабово-сосновий сугруд (C<sub>4</sub>-ял-гС). **Дубняки:** сира грабова судіброва (C<sub>4</sub>-гД); сира в'язово-ясенева діброва (D<sub>4</sub>-вз-яД); сира грабова діброва (D<sub>4</sub>-гД). **Вільшаники:** сирий чорновільховий сугруд (C<sub>4</sub>-Влч); сирий чорновільховий груд (D<sub>4</sub>-Влч) (ольс-лог).

**5 клас.** Мокрий березово-сосновий субір (B<sub>5</sub>-бС); березово-соснове рідколісся дуже мокрого субору (B<sub>6</sub>-бС<sup>п</sup>); мокрий березово-сосновий сугруд – согра (C<sub>5</sub>-бС); мокрий чорновільховий сугруд – мокра сувільшина (C<sub>5</sub>-Влч); дуже мокрий вільхово-березовий сугруд (C<sub>6</sub>-влчБп); мокрий чорновільховий груд (D<sub>5</sub>-Влч) (ольс-болото).

Природна пожежна небезпека значно зростає у разі захаращення лісових насаджень (Левченко та ін., 2015). Захаращеність виникає внаслідок наявності рослинних решток великого розміру (сушняк, опалі сучки, сухостій, пні, порубкові рештки), які підсилюють інтенсивність горіння під час низових пожеж. У сосняках із захаращеністю 80 м<sup>3</sup>·га<sup>-1</sup> відпад після пожежі у чотири рази вищий, ніж із захаращеністю 20 м<sup>3</sup>·га<sup>-1</sup>. Сильна захаращеність здатна настільки змінювати характер горіння, що в класифікації пожеж виділяють особливий вид низових пожеж – «сушнякові».

Грунтуючись на результатах досліджень, шкалу оцінювання природної пожежної небезпеки ділянок лісового фонду можна удосконалити наступним чином (табл. 2). Варто зауважити, що під час пожежного лісовлаштування доцільно окремо виділяти ділянки лісу зі значними запасами підстилки та фітомасою живого надґрунтового вкриття, які в сухі та аномально сухі роки будуть представляти собою надзвичайну пожежну загрозу.

Таблиця 2. Шкала оцінювання природної пожежної небезпеки ділянок лісового фонду

Table 2. Scale for assessing the natural fire hazard of forest fund plots

| Клас пожежної небезпеки | Об'єкт загоряння (насадження у різних типах лісорослинних умов, категорії не вкритих лісовою рослинністю і нелісових земель)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                       | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 1                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>Насадження сосни звичайної, сосни кримської, сосни гірської, ялівцю в дуже сухих (0) і сухих (1) гігротопах</li> <li>Дубові насадження в дуже сухих (0) і сухих (1) гігротопах</li> <li>Незімкнуті лісові культури всіх порід із сильним заростанням ділянок злаками, осоками з міцними кореневищами – понад 50% площі</li> <li>Зруби з-під хвойних порід після проведення суцільних рубок зі значним запасом порубкових решток (до 16 т/га)</li> <li>Згарища, вітровали, буреломи та інші загиблі насадження із середньою та сильною захаращеністю від 10 м<sup>3</sup>·га<sup>-1</sup>. Лісові насадження з рівнем радіаційного забруднення 15 Кі/км<sup>2</sup> і вище, незалежно від породного складу, віку і типу лісорослинних умов</li> <li>Лишайниковий тип живого надґрунтового вкриття</li> </ul> |
| 2                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>Соснові, ялинові та модринові насадження у свіжих борах (A<sub>2</sub>), суборах (B<sub>2</sub>), сугрудах (C<sub>2</sub>) і грудах (D<sub>2</sub>)</li> <li>Захаращені насадження внаслідок усихання в осередках шкідників – менше 10 м<sup>3</sup>·га<sup>-1</sup></li> <li>Пройдені рубкою лісові насадження з неприбраними порубковими рештками</li> <li>Сухомоховий тип живого надґрунтового вкриття</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

| 1 | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3 | <ul style="list-style-type: none"> <li>Соснові ялинові та модринові насадження у вологих борах (<math>A_3</math>), суборах (<math>B_3</math>) і сугрудах (<math>C_3</math>)</li> <li>Букові, ялинові, ялицеві, дубові, грабові насадження у вологих сугрудах (<math>C_3</math>) і грудах (<math>D_3</math>)</li> <li>Осікові, вільхові насадження у вологих сугрудах (<math>C_3</math>) і грудах (<math>D_3</math>)</li> <li>Вологомоховий тип живого надґрунтового вкриття</li> </ul> |
| 4 | <ul style="list-style-type: none"> <li>Насадження хвойних порід у сирих борах (<math>A_4</math>) і суборах (<math>B_4</math>), мокрих борах (<math>A_5</math>), суборах (<math>B_5</math>) і сугрудах (<math>C_5</math>)</li> <li>Заболочені осікові, вільхові насадження в мокрих сугрудах (<math>C_4</math>) і грудах (<math>D_4</math>)</li> <li>Угіддя – сіножаті, пасовища</li> <li>Лісові розсадники, плантації, сади, ягідники</li> </ul>                                       |
| 5 | <ul style="list-style-type: none"> <li>Насадження хвойних порід у мокрих борах (<math>A_5</math>), суборах (<math>B_5</math>) і сугрудах (<math>C_5</math>), дуже мокрих суборах (<math>B_6</math>) та сугрудах (<math>C_6</math>)</li> <li>Не вкриті лісовою рослинністю землі (лісові шляхи, просіки, візири, протипожежні розриви)</li> <li>Нелісові землі (окрім сіножатей, пасовищ, садів, ягідників)</li> <li>Болотно-моховий тип живого надґрунтового вкриття</li> </ul>        |

Окрім цього на один клас вище встановлюється пожежна небезпека для ділянок лісу: для хвойних насаджень, будова яких сприяє переходу низової пожежі у верхову; з високим (більше 2 м) густим підростом та підліском хвойних порід (ялівці та інші кущі); за захаращеності понад  $10 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ ; ділянки, що прилягають до доріг та залізниць або розташовані на відстані до 50 м від підприємств, які використовують відкритий вогонь.

**Дискусія (Discussion).** У зв'язку зі зміною клімату для розуміння зміни активності лісових пожеж (Costa et al., 2020; Resco de Dios, & Nolan, 2021) зроблено акцент на безпосередньому впливі на пожежну небезпеку погоди та клімату країн Середземномор'я. За потенційного глобального потепління на  $2^\circ\text{C}$  зменшиться рівень вологості ЛГМ Середземноморського регіону: зона низької вологості поширюватиметься на північ від Середземного моря до центральної частини Європи. Р.М. Fernandes (2019) розглядає допустимі пороги поширеного показника пожежної небезпеки, індексів пожежної погоди (FWI), пов'язаних з лісовими пожежами різного масштабу в Португалії. V. Varela et al. (2020) використовують показник FWI для визначення майбутньої пожежної уразливості археологічних і туристичних місць у Греції. Водночас індекси пожежної небезпеки та поширення пожежі, які базуються лише на оцінюванні метеорологічних умов і вологості матеріалів, дають не завжди однозначні результати (Bedia et al., 2015; Ruffault et al., 2018; Di Giuseppe et al., 2020).

С.Г. Сидоренко та ін. (2023) вважають, що до національної шкали природної пожежної небезпеки не прив'язана горимість лісових насаджень. В той же час горимість лісів залежить не лише від природних характеристик ділянок лісового фонду, але й від комплексу антропогенних чинників. Тобто, це вже фактично не буде доповненням до іс-

нуючої шкали, а пропонується шкала матриці ризиків, тобто ймовірності виникнення пожежі, що дасть можливість істотно покращити ідентифікацію найбільш уразливих і небезпечних ділянок із високими пожежними ризиками. Такий підхід відповідає також концепції пожежних ризиків, прийнятих в Європі та деяких інших країнах світу. Під час планування захисту лісу від пожеж до уваги беруть класифікацію ландшафтів, які одночасно мають як найвищу пожежну небезпеку (потенційні наслідки пожежі), так і найвищу ймовірність виникнення пожеж (Karavani et al., 2018; Resco de Dios, 2020; Boer et al., 2021).

Інтенсивність пожеж залежить від просторової мінливості середземноморських типів рослинних угруповань, а їх відновлення тісно пов'язане зі спроможністю регенерації домінуючих видів (Jimeno-Llorente, Marcos, & Fernández-Guisuraga, 2023). За результатами дослідження лісових пожеж у Нижньосілезькому воєводстві Польщі встановлено, що найважливішими предикторами їх виникнення є наявність хвойного лісу та відстань до сільськогосподарських угідь (Kaczmarowski et al., 2023). Екстремальні пожежні погодні умови можуть посилюватися у разі високої зімкненості чагарникової рослинності із високою горимістю (Rodriguez-Jimenez et al., 2023).

Інтенсивність, вертикальне поширення і частота виникнення пожеж визначаються видовим складом, структурою лісової екосистеми та функціональними властивостями видів, що її складають. Часто лісові екосистеми із багатим біорізноманіттям є доволі пожежонебезпечними (Tianhua, Byron, & Pausas, 2019).

Українськими вченими (Кузик, 2019; Левченко та ін., 2015) для оцінювання природної пожежної небезпеки ділянок лісового фонду (соснових лісів) використано відношення рослинності до пожежної

небезпеки у межах типів лісу. Беручи до уваги результати цих напрацювань, пропонуємо здійснювати прогнозування пожежної ситуації за схемою: оцінювання загрози виникнення пожеж з урахуванням типу лісу → оцінювання пожежного ризику, пов'язаного з антропогенним фактором (появою джерел вогню, рекреаційним навантаженням тощо) → оцінювання впливу погодних умов на пожежну небезпеку.

Лісотипологічне оцінювання природної пожежної небезпеки лісів у рівнинній частині України дасть змогу розробити дієві практичні заходи та забезпечити оптимальне планування захисту лісу від пожеж.

**Висновки (Conclusions).** Природна пожежна небезпека лісу залежить від лісотипологічних особливостей ділянок, породного складу лісостанів, запасу підстилки та складу і запасу живого надґрунтового вкриття. Оцінювання пожежної небезпеки потрібно здійснювати з урахуванням складу і стану лісових насаджень та лісотипологічних умов.

Пірогенне пошкодження лісових насаджень залежить, насамперед, від запасів горючого матеріалу, основною складовою якого є лісова підстилка. Хоча у сосняках більші запаси підстилки нагромаджуються із зростанням гігروتону, проте у цих умовах підстилка набуває високої вологості і характеризується слабкою здатністю до загоряння.

Існує тісний взаємозв'язок між виникненням пожеж і лісотипологічними умовами. Найбільше представництво пожежонебезпечних трав'яних видів характерно для сухих гігروتонів. У вологих гігروتоніях до пожежонебезпечних видів віднесено також деякі мезогігрофіти або гігрофіти – мохи і види родини вересових, які, завдяки наявності в них ефірних олій, здатні швидко займатися.

Встановлення тривалого посушливого сезону зумовлює висихання величезних запасів мортмаси у вологих гігروتоніях, що є причиною виникнення надзвичайної пожежної загрози і навіть слабозаймисті та вогнестійкі види в сухому стані легко займаються.

## Список літератури (References)

Ворон, В. П., Коваль, І. М., Сидоренко, С. Г., Мельник, Ю. Й., Ткач, О. М., Борисенко, ... Бологов, О. Й. (2021). *Пірогенна трансформація соснових лісів в Україні*. Харків: Нове слово. [Voron, V. P., Koval, I. M., Sidorenko, S. G., Melnyk, Y. Y., Tkach, O. M., Borysenko, V. G., ... Bologov, O. Y. (2021). *Pyrogenic transformation of pine forests in Ukraine*. Kharkiv: New word] (in Ukrainian)

Зібцев, С., Сошенський, О., Гуменюк, В., Богомолів, В. (2023). *План інтегрованого управління ландшафтними пожежами в Луганській області*. Київ: Редакційно-видавничий відділ НУБіП України. [Zibtsev, S., Soshenskyi, O., Humenyuk, V., &

Bogomolov, V. (2023). *Plan of integrated management of landscape fires in Luhansk region*. Kyiv: Editorial and publishing department of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Retrieved from [https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u184/fmp\\_in\\_luhansk\\_oblast.pdf](https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u184/fmp_in_luhansk_oblast.pdf)] (in Ukrainian)

Кузик, А. Д. (2019). *Еколого-лісівничі основи пожежної безпеки в лісових насадженнях Малої Полісся*. Львів: Сполом. [Kuzik, A. D. (2019). *Ecological and Forestry Foundations of Forest Fire Safety in the Small Polissya Region*. Lviv: Splom] (in Ukrainian)

Левченко, В. В., Борсук, О. А., Борсук, А. А. (2015). *Лісові горючі матеріали*. Київ: Редакційно-видавничий відділ НУБіП України. [Levchenko, V. V., Borsuk, O. A., & Borsuk, A. A. (2015). *Forest Combustible Materials*. Kyiv: Editorial and publishing department of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine] (in Ukrainian)

Остапенко, Б. Ф., Ткач, В. П. (2002). *Лісова типологія*. Харків: ХДАУ ім. В. В. Докучаєва [Ostapenko, B. F., & Tkach, V. P. (2002). *Forest Typology*. Kharkiv: the V. V. Dokuchaev Kharkiv State Agrarian University] (in Ukrainian)

*Правила пожежної безпеки в лісах України* (2024). Київ: Державне агентство лісових ресурсів України. Наказ від 27.12.2004 р. № 278. [Rules of fire safety in the forests of Ukraine (2024). Kyiv: State Agency of Forest Resources of Ukraine. Order dated 12/27/2004 No. 278. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0328-05>] (in Ukrainian)

Сидоренко, С. Г., Мельник, Є. Є., Боцула, О. І., Коваль, І. М., Ворон, В. П., Сидоренко, С. В., Гуржій, Р. В. (2023). Удосконалення методики оцінювання природної пожежної небезпеки ділянок лісового фонду на основі ризиків орієнтованого підходу. *Агроекологічний журнал*, 2, 74-82. [Sydorenko, S. G., Melnyk, E. E., Bocula, O. I., Koval, I. M., Voron, V. P., Sydorenko, S. V., & Gurzhii, R. V. (2023). Improving the methodology for assessing the natural fire danger of the forest fund areas based on a risk-oriented approach. *Agroecological Journal*, 2, 74-82. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2023.283699>] (in Ukrainian)

Ходаков, В. Е., Жарикова, М. В. (2011). *Лесные пожары: методы исследования*. Херсон: Гринь Д. С. [Khodakov, V. E., & Zharikova, M. V. (2011). *Forest Fires: Research Methods*. Kherson: Hrin D. S.] (in Russian)

Bachmann, A. B., & Allgöwer, B. (2000). *The need for a consistent wildfire risk terminology*. In: Neuenchwander, L., Ryan, K., Golberg, G. (Eds.). *Crossing the Millennium: Integrating Spatial Technologies and Ecological Principles for a New Age in Fire Management*. The University of Idaho and the International Association of Wildland Fire, Moscow, ID, pp. 67-77.

Barlow, J., Berenguer, E., Carmenta, R., & França, F. (2020). Clarifying Amazonia's burning crisis. *Global Change Biology*, 26(1), 319-321. <https://doi.org/10.1111/gcb.14872>

- Bedia, J., Herrera, S., Gutiérrez, J.M., Benali, A., Brands, S., Mota, B., & Moreno, J.M. (2015). Global patterns in the sensitivity of burned area to fire-weather: Implications for climate change. *Agricultural and Forest Meteorology*, 214-215, 369-379. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2015.09.002>
- Boer, M.M., Nolan, R.H., Resco de Dios, V., Clarke, H., Price, O.F., & Bradstock, R.A. (2017). Changing weather extremes call for early warning of potential for catastrophic fire. *Earth's Future*, 5(11), 1196-1202. <https://doi.org/10.1002/2017EF000677>
- Boer, M.M., Resco de Dios, V., Stefaniak, E.Z., & Bradstock, R.A. (2021). A hydroclimatic model for the distribution of fire on Earth. *Environmental Research Communications*, 3(3), 035001. <https://doi.org/10.1088/2515-7620/abe5ef>
- Costa, H., de Rigo, D., Libertà, G., Houston Durrant, T., & San-Miguel-Ayanz, J. (2020). *European wildfire danger and vulnerability in a changing climate: Towards integrating risk dimensions*. Publications Office of the European Union. Retrieved from <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC119980>
- Di Giuseppe, F., Vitolo, C., Krzeminski, B., Barnard, C., Maciel, P., & San-Miguel, J. (2020). Fire weather index: The skill provided by the European Centre for Medium-Range Weather Forecasts ensemble prediction system. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 20(9), 2365-2378. <https://doi.org/10.5194/nhess-20-2365-2020>
- Fernandes, P.M. (2019). Variation in the Canadian fire weather index thresholds for increasingly larger fires in Portugal. *Forests*, 10(10), 838. <https://doi.org/10.3390/f10100838>
- Gómez-González, S., Ojeda, F., & Fernandes, P.M. (2018). Portugal and Chile: Longing for sustainable forestry while rising from the ashes. *Environmental Science & Policy*, 81, 104-107. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2017.11.006>
- Jimeno-Llorrente, L., Marcos, E., & Fernández-Guisuraga, J. (2023). The effects of fire severity on vegetation structural complexity assessed using SAR data are modulated by plant community types in Mediterranean fire-prone ecosystems. *Fire*, 6(12), 450. <https://doi.org/10.3390/fire6120450>
- Kaczmarowski, J., Ciesielski, M., Trailović, Z., Mielcarek, M., Szczygieł, R., & Kwiatkowski, M. (2023). Modeling and mapping of forest fire occurrence in the Lower Silesian Voivodeship of Poland based on machine learning methods. *Forests*, 14(1), 46. <https://doi.org/10.3390/f14010046>
- Karavani, A., Boer, M.M., Baudena, M., Colinas, C., Díaz-Sierra, R., Pemán, J., de Luís, M., Enríquez-de-Salamanca, Á., & Resco de Dios, V. (2018). Fire-induced deforestation in drought-prone Mediterranean forests: Drivers and unknowns from leaves to communities. *Ecological Monographs*, 88(2), 141-169. <https://doi.org/10.1002/ecm.1289>
- Ma, W., Feng, Z., Cheng, Z., Chen, S., & Wang, F. (2020). Identifying forest fire driving factors and related impacts in China using random forest algorithm. *Forests*, 11(5), 507. <https://doi.org/10.3390/f11050507>
- McCarty, J.L., Smith, T.E.L., & Turetsky, M.R. (2020). Arctic fires re-emerging. *Nature Geoscience*, 13(9), 658-660. <https://doi.org/10.1038/s41561-020-0641-y>
- Nolan, R.H., Boer, M.M., Collins, L., Resco de Dios, V., Clarke, H., Jenkins, M., Kenny, B., & Bradstock, R.A. (2020). Causes and consequences of eastern Australia's 2019-20 season of mega-fires. *Global Change Biology*, 26(2), 1039-1041. <https://doi.org/10.1111/gcb.14987>
- Nolan, R.H., Blackman, C.J., Resco de Dios, V., Choat, B., Medlyn, B.E., Li, X., Bradstock, R.A., & Boer, M.M. (2020a). Linking forest flammability and plant vulnerability to drought. *Forests*, 11(8), 779. <https://doi.org/10.3390/f11080779>
- Pickrell, J., & Pennisi, E. (2020). Record U.S. and Australian fires raise fears for many species. *Science*, 370(6512), 18-19. <https://doi.org/10.1126/science.370.6512.18>
- Resco de Dios, V., & Nolan, R. (2021). Some challenges for forest fire risk predictions in the 21st century. *Forests*, 12(4), 469. <https://doi.org/10.3390/f12040469>
- Resco de Dios, V. (2020). *Plant-fire interactions. In Applying Ecophysiology to Wildfire Management*. Springer Nature. Retrieved from <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-41192-3>
- Rochmyaningsih, D. (2020). Scientists in Indonesia fear political interference. *Science*, 367(6478), 722. <https://doi.org/10.1126/science.367.6478.722>
- Rodriguez-Jimenez, F., Fernandes, P., Fernández-Guisuraga, J., Alvarez, X., & Henrique, L. (2023). Drivers and trends in the size and severity of forest fires endangering WUI areas: A regional case study. *Forests*, 14(12), 2366. <https://doi.org/10.3390/f14122366>
- Ruffault, J., Martin-StPaul, N., Pimont, F., & Dupuy, J.-L. (2018). How well do meteorological drought indices predict live fuel moisture content (LFMC)? An assessment for wildfire research and operations in Mediterranean ecosystems. *Agricultural and Forest Meteorology*, 262, 391-401. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2018.07.016>
- Tianhua, H., Byron, B., & Pausas, J.G. (2019). Fire as a key driver of Earth's biodiversity. *Biological Reviews*, 94(4), 1983-2010. <https://doi.org/10.1111/brv.12452>
- Varela, V., Vlachogiannis, D., Sfetsos, A., Politi, N., & Karozis, S. (2020). Methodology for the study of near-future changes of fire weather patterns with emphasis on archaeological and protected touristic areas in Greece. *Forests*, 11(11), 1168. <https://doi.org/10.3390/f11101168>

## Forest fire hazard assessment based on forest typology

V.P. Voron<sup>1</sup>, A.D. Kuzyk<sup>2</sup>, S.V. Ivashyniuta<sup>3</sup>,  
Y.R. Tsipan<sup>4</sup>

The study of forest fire prevalence in Ukraine in recent years has revealed severe challenges for the scientific community associated with the reduction of operational, nature protection, and recreational functions of forests. When assessing the potential fire hazards, a contradiction arises because the fire risk is minimal in wet hygrotopes, but on the other hand, the total supply of terrestrial combustible materials is greater in forest types with excessive soil moisture, where organic matter decomposes. In these conditions, along with the accumulation of fallen needles and branches, an important factor in the fire hazard is also the role of the live ground cover. It has been found that the development of new methodology for assessing fire danger is of significant importance for effective prevention of forest fires, which should be based not only on physical principles of fire break-out and spread but also on forest site conditions. One of the key aspects is examination the forest types in Ukraine and their relationship with the risk of forest fires. Based on experimental studies, the inflammability of herbaceous and moss plants within the Small Polissia region has been identified. Fire-prone species include 14 herbaceous plants from the *Poaceae* family (*Dactylis glomerata* L., *Koeleria glauca* (Spreng.) DC., *Stipa johannis* Cel., *Festuca ovina* L., *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth., *Dianthus arenarius* L., *Calamagrostis arundinacea* (L.) Roth., *Brachypodium pinnatum* P.B., *Molinia caerulea* (L.) Moench, *Melica nutans* L., *Milium effusum* L., *Phleum phle-*

*oides* Sm., *Poa nemoralis* L., *Deschampsia cespitosa* L.), 11 from the *Cyperaceae* family (*Carex limosa* L., *Carex inflata* Huds., *Carex pilosa* Scop., *Carex acutiformis* Ehrh., *Carex brevicollis* D.C., *Carex sylvatica* Huds., *Carex pseudocyperus* L., *Carex vesicaria* L., *Carex lasiocarpa* Ehrh., *Carex melanostachya* M.B., *Eriophorum vaginatum* L.), 4 herbaceous plants from the *Ericaceae* family (*Vaccinium vitis-idaea* L., *Vaccinium uliginosum* L., *Vaccinium oxycoccos*, *Vaccinium myrtillus* L.); 5 mosses (*Hylocomium splendens* (Hedw.) Schimp., *Dicranum undulatum* Ehrh., *Pleurozium schreberi* (Willd. Ex Brid., *Ptilium crista-casterensis* (Hedw.) De Not, *Cetraria islandica* (L.) Ach.), lichens of the genus *Cladonia* Nyl. and *Calluna vulgaris* (L.) Hill.

The greatest representation of fire-prone species was observed in dry pine forests (A<sub>1</sub>), where out of 11 species, 8 have a high inflammability. These species are mostly grasses. In other forest conditions, this feature is not as pronounced. As humidity and nutrient levels increase, the number of less flammable and fire-resistant plants grows, while the number of fire-prone species decreases. However, regardless of their group, all plants in dry conditions easily catch fire during droughts. A significant representation of fire-prone species is also characteristic of wet and moist hygrotopes. Using the list of forest types by B.F. Ostapenko and V.P. Tkach (2002), the natural fire danger of pine forests was assessed. In doing so, ecological characteristics of vegetation of different forest types that have formed in the plains of Ukraine were taken into account, as well as the relationship between forest conditions and forest vegetation as combustible material to fire danger. The dependence of natural fire danger on forest typological features of stands, determined by the composition of tree species, litter stock, and density of live ground cover, has been investigated. Experimental studies of the burning of grassy and mossy plants within the Small Polissya region confirmed the presence of fire-prone species, especially in dry pine forests (A<sub>1</sub>) and revealed the ability of certain plants to quickly catch fire and support burning. The results of the research made it possible to assign forest types to five classes of fire danger, as well as to improve the scale for assessing the natural fire danger of forest fund plots, considering forest types as inflammable objects. These data are crucial for the development of effective strategies to prevent and extinguish forest fires, these strategies being aimed at preserving natural ecosystems and protecting the environment.

**Key words:** forest fires; hygrotropism; trophotropism; combustible materials; litter; live ground cover; forest degradation; forest vegetation.

<sup>1</sup> Volodymyr P. Voron – Full Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Doctor habil. (Agricultural Sciences), Chief Researcher, the G.M. Vysotsky Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration, 86 Hryhoriy Skovoroda st., Kharkiv, 61024, Ukraine. E-mail: 52corvus@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-1059-3032>

<sup>2</sup> Andriy D. Kuzyk – Doctor habil. (Agricultural Sciences), professor, Lviv State University of Life Safety, Lviv, 79057, Ukraine. E-mail: andrij\_k@yahoo.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0118-9493>

<sup>3</sup> Sergiy V. Ivashyniuta – PhD in Agricultural Sciences, Nadsluchanskyi Institute of the National University of Water and Environmental Engineering, Berezne, 34600, Ukraine. E-mail: s.v.ivashyniuta@nuwm.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-7397-2014>

<sup>4</sup> Yilia R. Tsipan – Senior Research Officer, Nadsluchanskyi Institute of the National University of Water and Environmental Engineering, Berezne, 34600, Ukraine. E-mail: y.r.tsipan@nuwm.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7279-7416>



УДК 630\*221.03

## Успішність лісовідновлення після дослідних смугово-поступових рубок у соснових деревостанах Східного Полісся України

А. М. Жежкун<sup>1</sup>

Розглянуто особливості відтворення соснових деревостанів смугово-поступовими рубками у контексті наближеного до природи лісівництва. У стиглих соснових деревостанах площею близько 100 га здійснено перші прийоми смугово-поступових рубок для стимулювання процесу природного поновлення сосни звичайної. Дослідні смугово-поступові рубки проводили за два-три прийоми. У перший прийом зрубували всі дерева у межах призначеної до рубки смуги. Ширина смуги з вирубаними деревами відповідала середній висоті материнського деревостану (25-30 м). На об'єктах смугово-поступових рубок вивчено насінноношення сосни звичайної та успішність природного лісовідновлення у певних типах лісу. Упродовж 3-4 років після першого прийому смугово-поступових рубок відбувається успішне поновлення сосни звичайної та інших цінних деревних видів. Після проведення другого прийому смугово-поступової рубки з повторністю 4-5 років та заходів сприяння природному поновленню впродовж 2-4 років густина підросту і самосіву сосни звичайної у переведенні до вікової групи 4-8 років становила 4,2-15,4 тис. шт. га<sup>-1</sup> (успішність лісовідновлення – добра та задовільна). Після другого прийому смугово-поступових рубок природне поновлення лісу поповнюється цінними видами листяних порід. Під час здійснення третього кінцевого прийому рубки потрібно залишати насінні дерева сосни або відновлювати деревостани комбінованим способом. За один цикл проведення смугово-поступових рубок формуються соснові молодянки мішаного складу природного та комбінованого походження.

**Ключові слова:** *Pinus sylvestris* L.; прийоми рубки; насінноношення; заходи сприяння природному поновленню; самосів; підріст; типи лісу.

**Вступ (Introduction).** Наближене до природи лісівництво передбачає здійснення системи екологічно орієнтованих заходів, наближених до природи, з найменшим втручанням у лісові екосистеми (Ведмідь, Шкудор, Бузун, 2008; Криницький та ін., 2014; Токарева, 2021; Xianfeng et al., 2021; Mason et al., 2022). У процесі проведення рубок головного користування (РГК) одним із найважливіших заходів наближеного до природи лісівництва є застосування поступових рубок (Лавний, Шпатгельф, 2016; Straupe, & Sadauskis, 2022; Brichta et al., 2023; Zhezhkun et al., 2023).

До системи поступових рубок головного користування належать рівномірно-поступові (РПР), групово-поступові (ГПР) та смугово-поступові (СПР) види рубок (Бузун, 2006; Правила..., 2009). ГПР проводять у стиглих деревостанах з нерівномірним (груповим) розміщенням підросту цінних порід у прогалинах лісового намету. РПР є ефективними у соснових деревостанах з добре розвиненими кронами з протяжністю понад 1/3 від висоти стовбурів, без підліску або з негустим підліском, з наявністю у живому надґрунтовому вкритті експансивних видів менше 10% від площі проєктив-

<sup>1</sup> Жежкун Анатолій Миколайович – академік Лісівничої академії наук України, доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, директор ДП «Новгород-Сіверська лісова науково-дослідна станція». Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г.М. Висоцького, вул. Богуна, 90, м. Новгород-Сіверський Чернігівської обл., 16000, Україна. E-mail: desna-90@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1431-8944>

ного вкриття (Ткач, Жежжун, 2024). На окремих ділянках з густим підліском перед запровадженням РПР зрубували підлісок та навіть вивозили за межі лісосік, що збільшувало трудомісткість робіт і зменшувало економічну ефективність рубок. Зрубання деревостанів через смуги певних розмірів дає змогу доступно вилучити підлісок, небезпечні дерева під час підготовчих робіт, збільшити обсяги лісозаготівлі у коротші терміни із застосуванням комплексу машин і механізмів (бензопили – трелювальний трактор) або багатоопераційних машин (харвестер – форвардер), здійснити заходи зі сприяння природному лісовідновленню.

Смугово-поступові рубки проводили наприкінці 50-х років ХХ ст. у березово-ялинових деревостанах Поволжя (Алексєєв, 1967) та у сосняках Брянського лісового масиву (Оскредков, 1963). В Україні елементи смугово-поступових рубок вперше було застосовано для переформування деревоста-

нів у заплавних лісах (Ткач, 1999) та у паросткових дубняках (Ткач, Румянцев, Лук'янець, 2023).

Смугово-поступові рубки на перший погляд є дещо подібними до суцільних (СР) лісосічних РГК. Порівняння параметрів організаційно-технічних елементів (ОТЕ) СПР та СР вказує на певну різницю між цими способами рубок головного користування (табл. 1). На лісосіці суцільної РГК призначають до рубки всі дерева (крім дерев, що внесені до Червоної книги України, насінників та інших дерев, що мають виняткове значення для збереження біорізноманіття) (Правила..., 2009). Під час смугово-поступових рубок призначають до рубки всі дерева на смузі певної ширини (зазвичай, тотожній 1,0 середньої висоти деревостану) та залишають до наступних прийомів незрубану частину ділянки, тотожну подвійній ширині зрубані смуги. За ширини лісосіки суцільної РГК до 25 м подібна схожість між СПР і СР зберігаються.

**Таблиця 1. Порівняльна таблиця параметрів організаційно-технічних елементів смугово-поступової та вузьколісосічної суцільної рубок головного користування у соснових деревостанах експлуатаційної категорії лісів**

**Table 1. Comparative table of parameters of organizational and technical elements of strip-shelterwood and stripped-coupe continuous fellings of the final yield in pine stands of the exploitation category forests**

| Смугово-поступова рубка                                           |                                                                                                                                                                            | Вузьколісосічна суцільна рубка         |                                                                |
|-------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Назва ОТЕ                                                         | Параметр нормативу                                                                                                                                                         | Назва ОТЕ                              | Параметр нормативу                                             |
| 1. Площа лісосіки                                                 | До 10 га                                                                                                                                                                   | 1. Площа лісосіки                      | До 3 га                                                        |
| 2. Кількість прийомів                                             | 3                                                                                                                                                                          | 2. Ширини лісосіки                     | До 50 м                                                        |
| 3. Ширини вилученої смуги деревостану                             | Одна середня висота деревостану (25-30 м)                                                                                                                                  | 3. Напрямок лісосіки                   | Відповідно до напрямку горизонту (Пн-Пд або Зх-Сх)             |
| 4. Ширини смуги деревостану, що залишається до наступних прийомів | Перший прийом – дві середні висоти деревостану; другий прийом – одна середня висота деревостану                                                                            | 4. Відстань між лісосіками одного року | 100 м                                                          |
| 5. Інтенсивність кожного прийому рубки                            | 30-35% запасу                                                                                                                                                              | 5. Напрямок рубки                      | Перпендикулярно напрямку лісосіки, навпроти шкідливому чиннику |
| 6. Порядок призначення дерев у рубку                              | На призначених до рубки смугах – всі дерева, за винятком тих, що підлягають збереженню; на залишених смугах – дерева, що можуть бути небезпечними під час проведення робіт | 6. Спосіб примикання лісосік           | Безпосередній; черезсмуговий                                   |
| 7. Термін призначення наступних прийомів рубки                    | 8-10 років                                                                                                                                                                 | 7. Термін примикання лісосік           | 4 роки                                                         |

| Смугово-поступова рубка        |                                                                                       | Вузьколісосічна суцільна рубка |                                                                                             |
|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| Назва ОТЕ                      | Параметр нормативу                                                                    | Назва ОТЕ                      | Параметр нормативу                                                                          |
| 8. Тривалість (цикл) рубки     | 16-20                                                                                 | 8. Кількість зарубів           | У кварталі 1 × 1 км – 6                                                                     |
| 9. Технологія лісосічних робіт | Вузькопасічна                                                                         | 9. Технологія лісосічних робіт | Середньопасічна; вузькопасічна                                                              |
| 10. Заходи з лісовідновлення   | Збереження підросту; мінералізація ґрунту; залишення насінних дерев у кінцевий прийом | 10. Заходи з лісовідновлення   | Збереження підросту; мінералізація ґрунту; залишення насінних дерев; штучне лісовідновлення |

Проте у лісогосподарській практиці, зазвичай, приймають ширину лісосіки суцільної рубки понад 25 м. Під час проведення смугово-поступової рубки на залишених до наступних прийомів смугах деревостану призначають до рубки небезпечні для лісозаготівельних робіт дерева, а на суцільних рубках – лише дерева у межах лісосіки. Для деревостанів хвойних порід експлуатаційної категорії лісів площа лісосік суцільної РГК має бути не більше 3,0 га, а для СПР – до 10,0 га (Правила..., 2009). З економічних міркувань для СПР це може мати позитивний ефект. До того ж, під час проведення поступових рубок зменшується рентна плата за використання лісових ресурсів, порівняно з суцільними.

Під час проведення СПР, як і інших видів поступових РГК, відбувається супутнє природне поновлення лісу цінними деревними видами, а після суцільної рубки – зазвичай штучне лісовідновлення. Після завершення циклу смугово-поступової рубки ділянка не переходить до некритих лісовою рослинністю земель, а після суцільної – утворюється зруб, що підлягає лісовідновленню. Збільшення тривалості СПР, порівняно із суцільною, дає змогу формувати умовно різновікові деревостани переважно мішаного видового складу.

Отже, смугово-поступова рубка належить до поступової системи РГК, що визначає добір певних параметрів ОТЕ цих рубок, які мають відмінності від суцільних: інтенсивність рубки, порядок призначення дерев у рубку, кількість прийомів, термін призначення наступних прийомів (повторювальність прийомів) рубки, тривалість рубки та інші.

Залежно від конфігурації ділянок, смуги вилучення дерев закладають у меридіанному (Пн-Пд) або широтному (Зх-Сх) напрямках, що має певні відмінності для лісовідновлення та вимагає додаткового вивчення. Термін повторності прийомів СПР для деревостанів усіх порід становить 8-10 років (Правила..., 2009), що потребує уточнення.

*Мета досліджень* – вивчити особливості проведення смугово-поступових рубок у соснових деревостанах Східного Полісся, встановити успішність відновлення ділянок цінними деревними видами.

**Об'єкти та методика досліджень (Objects and methods).** *Об'єкт дослідження* – соснові деревостани, що призначені до смугово-поступових рубок в умовах Східного Полісся України. *Предмет дослідження* – процеси лісовідновлення, збереженість підросту сосни звичайної після проведення дослідних смугово-поступових рубок.

Смугово-поступові рубки призначені у соснових деревостанах стиглого віку, переважно штучного походження, чистого складу або з домішкою інших порід, повнотою 0,6 – 0,8 у типах лісу свіжий сосновий бір, свіжий дубово-сосновий субір, вологий дубово-сосновий субір, вологий грабово-дубово-сосновий сугруд (табл. 2).

У окремих підприємствах Чернігівського ОУЛМГ упродовж 2013-2014 рр. перші прийоми СПР проводили відповідно до нормативів (Правила..., 2009). Нами розроблено наукові обґрунтування і закладено активні експерименти з різною шириною та напрямками смуг з вилученими деревами, запропоновано заходи сприяння природному відновленню цінних порід. Постійні пробні площі (ППП) у соснових деревостанах закладали згідно з вимогами СОУ 02.02-37-476 (2006). При цьому виділяли шість категорій санітарного стану дерев (Санітарні правила..., 1995).

Дослідні смугово-поступові рубки проводили за два-три прийоми. У перший прийом в рубку призначали всі дерева у межах виділеної смуги. Ширина смуги з вилученими деревами відповідала середній висоті материнського деревостану (25-30 м). Наступну смугу з вилученими деревами закладали на відстані, тотожній одній або подвійній ширині зрубаної смуги. Смуги закладали у меридіанному або широтному напрямках. У наступні прийоми СПР вилучені смуги широтної орієнтації закладали у напрямку з півночі на південь,

а меридіанної – зі сходу на захід. У наступний прийом СПР призначали в рубку дерева, що ростуть на суміжній смузі. Під час кінцевого прийому вилучали всі дерева. Звалювання дерев, обрізання гілок і сучків проводили бензопилами, трелювання деревини до верхнього складу – колісними тракторами з трелювальним пристроєм. Порубкові решт-

ки складали у невеликі купи та спалювали після пожежонебезпечного періоду.

Для сприяння природному поновленню сосни звичайної застосовували плуг ПКЛ-70, дискові культиватори КЛБ-1,7, КЛД-1,8 з колісними тракторами. На окремих ділянках заходів сприяння природному лісовідновленню не проводили.

**Таблиця 2. Основні лісівничо-таксаційні показники деревостанів, призначених до смугово-поступових рубок (за матеріали лісовпорядкування станом на 01.01.2012 р.)**  
**Table 2. The main forest-mensuration indicators of stands designated for strip-shelterwood felling (forest management materials as of January 1, 2012)**

| № ділянки                                          | Квартал, виділ | Площа, га | Склад         | Вік, років | Середня висота, м | Повнота | Запас, м <sup>3</sup> ·га <sup>-1</sup> | Індекс типу лісу    |
|----------------------------------------------------|----------------|-----------|---------------|------------|-------------------|---------|-----------------------------------------|---------------------|
| ДП «Городнянський лісгосп» Тупичівське лісництво   |                |           |               |            |                   |         |                                         |                     |
| 1                                                  | 42, 12         | 5,2       | 6Сз3Дз1Ос+Бп  | 82         | 30                | 0,7     | 420                                     | С <sub>3</sub> -гдС |
| 2                                                  | 43, 3.2        | 4,0       | 10Сз+Дз+Бп+Ос | 83         | 28                | 0,7     | 450                                     | В <sub>3</sub> -дС  |
| 3                                                  | 43, 3.4        | 3,3       | 10Сз+Дз+Бп+Ос | 83         | 28                | 0,7     | 450                                     | В <sub>3</sub> -дС  |
| ДП «Городнянський лісгосп» Городнянське лісництво  |                |           |               |            |                   |         |                                         |                     |
| 4                                                  | 25, 19         | 3,9       | 7Сз1Мде1Бп1Дз | 102        | 31                | 0,6     | 380                                     | С <sub>3</sub> -гдС |
| 5                                                  | 70, 15         | 3,7       | 10Сз+Дз+Бп    | 83         | 28                | 0,7     | 440                                     | В <sub>2</sub> -дС  |
| ДП «Городнянський лісгосп» Моложавське лісництво   |                |           |               |            |                   |         |                                         |                     |
| 6                                                  | 8, 12          | 8,8       | 9Сз1Бп+Дз     | 82         | 26                | 0,7     | 380                                     | В <sub>2</sub> -дС  |
| ДП «Добрянський лісгосп» Чудівське лісництво       |                |           |               |            |                   |         |                                         |                     |
| 7                                                  | 4, 10          | 4,0       | 6Сз4Сз(61)    | 86         | 25                | 0,7     | 340                                     | А <sub>2</sub> -С   |
| 8                                                  | 14, 2          | 4,1       | 8Сз2Бп+Ос     | 86         | 27                | 0,7     | 340                                     | В <sub>3</sub> -дС  |
| 9                                                  | 88, 10         | 3,7       | 10Сз          | 96         | 26                | 0,7     | 400                                     | В <sub>3</sub> -дС  |
| ДП «Добрянський лісгосп» Добрянське лісництво      |                |           |               |            |                   |         |                                         |                     |
| 10                                                 | 34, 23         | 7,2       | 10Сз+Дз+Бп    | 84         | 27                | 0,8     | 490                                     | В <sub>2</sub> -дС  |
| 11                                                 | 90, 11         | 5,7       | 10Сз+Бп       | 90         | 28                | 0,8     | 500                                     | В <sub>3</sub> -дС  |
| ДП «Добрянський лісгосп» Комарівське лісництво     |                |           |               |            |                   |         |                                         |                     |
| 12                                                 | 31, 1.1        | 4,3       | 9Сз1Бп        | 86         | 29                | 0,7     | 460                                     | С <sub>3</sub> -гдС |
| 13                                                 | 32, 1          | 3,6       | 10Сз+Дз+Бп+Ос | 86         | 29                | 0,7     | 460                                     | С <sub>3</sub> -гдС |
| 14                                                 | 45, 17         | 4,0       | 10Сз          | 87         | 29                | 0,7     | 460                                     | В <sub>2</sub> -дС  |
| ДП «Добрянський лісгосп» Ново-Ярилівське лісництво |                |           |               |            |                   |         |                                         |                     |
| 15                                                 | 66, 6.2        | 2,7       | 7Сз2Сз(66)1Бп | 86         | 28                | 0,8     | 440                                     | В <sub>3</sub> -дс  |
| ДП «Добрянський лісгосп» Ріпкинське лісництво      |                |           |               |            |                   |         |                                         |                     |
| 16                                                 | 84, 6          | 6,4       | 9Сз1Бп+Ос+Влч | 91         | 31                | 0,6     | 400                                     | В <sub>3</sub> -дС  |
| ДП «Ніжинський лісгосп» Вертіївське лісництво      |                |           |               |            |                   |         |                                         |                     |
| 17                                                 | 81, 5.1        | 4,2       | 10Сз          | 84         | 21                | 0,7     | 270                                     | В <sub>2</sub> -дС  |

Дерева, що загинули після проведення першого прийому СПР у залишених смугах поділяли на сухостійні, вітровальні і вітроломні.

Облік насіння сосни звичайної проводили методом насіннемірів (Лось та ін., 2017). У роки з низькою врожайністю проводили підсівання насіння сосни у борозни. Облік підросту проводили на облікових смугах завдовжки 20 метрів і завширшки 2,5-4,0 метрів. На ділянках смугово-поступових рубок зі сприянням плужними борознами ширина облікової смуги складалася з борозни (мінералізована частина) та відстані між суміжною борозною (немінералізована частина). У процесі обліку підросту і самосіву визначали його видовий склад, походження, вік, життєздатність, густоту, загальну площу обліку та її частку від площі ділянки. Успішність природного поновлення визначали за діючими нормативами (Інструк-

ція..., 2010) з доповненнями (Жежжун, 2021). Для визначення таксаційних показників деревостанів на ППП використовували нормативно-довідкові матеріали (Білоус та ін., 2021). Матеріали опрацьовували математико-статистичними методами із застосуванням комп'ютерних програм Microsoft Excel.

**Результати (Results).** У стиглих соснових деревостанах державних лісгосподарських підприємств Чернігівського ОУЛМГ перші прийоми смугово-поступових рубок впродовж 2013-2014 рр. проведені на площі близько 100 га (Жежжун, 2021). Інтенсивність першого прийому трьохприймних рубок становила від 19 до 40% запасу, а на ділянці №4 – 56% (двоприймна рубка). Частка ділової деревини становила 88-93%. На більшості ділянок проведені заходи сприяння природному лісовідновленню (табл. 3).

**Таблиця 3. Кількість підросту і самосіву сосни після першого прийому смугово-поступової рубки**

**Table 3. The amount of advance growth and self-seeding plants of pine after the first cut of strip-shelterwood felling**

| № ділянки | Інтенсивність рубки, % запасу | Напрямок смуг | Ширина зрубаних смуг, м | Засіб для сприяння | Термін після рубки, років | Густота сосни звичайної, тис. шт. га <sup>-1</sup> |          |
|-----------|-------------------------------|---------------|-------------------------|--------------------|---------------------------|----------------------------------------------------|----------|
|           |                               |               |                         |                    |                           | підросту                                           | самосіву |
| 1         | 2                             | 3             | 4                       | 5                  | 6                         | 7                                                  | 8        |
| 1         | 34                            | Пн-Пд         | 30                      | ПКЛ-70             | 1                         | –                                                  | 40,3     |
|           |                               |               |                         |                    | 3                         | 8,13                                               | 1,33     |
| 2         | 28                            | Пн-Пд         | 25                      | ПКЛ-70             | 1                         | –                                                  | 29,2     |
|           |                               |               |                         |                    | 3                         | 5,44                                               | 4,07     |
| 3         | 22                            | Зх-Сх         | 25                      | ПКЛ-70             | 1                         | –                                                  | 73,74    |
|           |                               |               |                         |                    | 3                         | 30,0                                               | 4,93     |
| 4         | 56                            | Пн-Пд         | 30                      | ПКЛ-70             | 1                         | –                                                  | 47,87    |
|           |                               |               |                         |                    | 3                         | 12,93                                              | 2,66     |
| 5         | 26                            | Зх-Сх         | 25                      | ПКЛ-70             | 1                         | –                                                  | 21,13    |
|           |                               |               |                         |                    | 3                         | 12,20                                              | 4,86     |
| 6         | 35                            | Зх-Сх         | 26                      | ПКЛ-70             | 1                         | –                                                  | 74,30    |
|           |                               |               |                         |                    | 3                         | 26,3                                               | 2,60     |
| 7         | 27                            | Зх-Сх         | 25                      | КЛБ-1,7            | 1                         | –                                                  | 30,50    |
|           |                               |               |                         |                    | 3                         | 5,80                                               | 4,85     |
| 8         | 22                            | Пн-Пд         | 25                      | –                  | 1                         | –                                                  | 15,22    |
|           |                               |               |                         |                    | 4                         | 1,52                                               | 0,22     |
| 9         | 24                            | Пн-Пд         | 25                      | –                  | 1                         | –                                                  | 40,74    |
|           |                               |               |                         |                    | 4                         | 8,52                                               | 2,24     |
| 10        | 19                            | Пн-Пд         | 25                      | ПКЛ-70             | 1                         | –                                                  | 12,16    |
|           |                               |               |                         |                    | 3                         | 8,76                                               | 3,88     |
| 11        | 27                            | Зх-Сх         | 27                      | –                  | 1                         | –                                                  | 10,18    |
|           |                               |               |                         |                    | 3                         | 7,24                                               | 2,16     |
| 12        | 27                            | Зх-Сх         | 30                      | –                  | 1                         | –                                                  | 7,17     |
|           |                               |               |                         |                    | 4                         | 7,38                                               | 2,32     |

Продовж. табл. 3  
Continuation of Table 3

| 1  | 2  | 3     | 4  | 5      | 6 | 7     | 8     |
|----|----|-------|----|--------|---|-------|-------|
| 13 | 27 | Пн-Пд | 30 | –      | 1 | –     | 18,6  |
|    |    |       |    |        | 4 | 8,82  | 3,16  |
| 14 | 22 | Зх-Сх | 29 | ПКЛ-70 | 1 | –     | 52,40 |
|    |    |       |    |        | 3 | 31,70 | 6,70  |
| 15 | 24 | Зх-Сх | 25 | ПКЛ-70 | 1 | –     | 51,40 |
|    |    |       |    |        | 3 | 32,04 | 1,42  |
| 16 | 26 | Пн-Пд | 30 | ПКЛ-70 | 1 | –     | 47,86 |
|    |    |       |    |        | 3 | 27,43 | 0,07  |
| 17 | 40 | Пн-Пд | 25 | ПКЛ-70 | 1 | –     | 16,07 |
|    |    |       |    |        | 3 | 8,98  | 3,58  |

Урожайність насіння сосни звичайної у 2013 р. була дуже низькою (1 бал), кількість насіння у насіннемірах – 33,6 тис. шт.·га<sup>-1</sup>. У 2014 р. насінне-ношення відзначено низьким (2 бали) або середнім (3 бали) врожаєм (86-130 тис. шт.·га<sup>-1</sup>). У наступний 2015 р. за високого (5 балів) урожаю до поверхні ґрунту потрапляло від 540 до 1046 тис. шт.·га<sup>-1</sup> насінин сосни.

За результатами обстежень станом на 29 травня 2014 р. на всіх ділянках СПР виявлено сходи сосни з більшою кількістю в борознах, ніж на ділянках з незайманою лісовою підстилкою. Впродовж першого року після проведення СПР, залежно від типу лісу, відновлюється від 7,2 до 74,3 тис. шт.·га<sup>-1</sup> 1-річного самосіву сосни звичайної.

На ділянках з проведенням заходів сприяння природному поновленню лісу (прокладання борозен плугом ПКЛ-70 з трактором МТЗ-82) густота 1-річного самосіву сосни звичайної становила 12,16-74,40 тис. шт.·га<sup>-1</sup>. Більшу густоту 1-річ-

ного самосіву сосни виявлено у типах лісу *B<sub>3</sub>-дС* (29,273,74 тис. шт.·га<sup>-1</sup>) та *C<sub>3</sub>-ддС* (40,3-47,87 тис. шт.·га<sup>-1</sup>). В умовах вологого дубово-соснового су-бору 1-річного самосіву сосни відновилося у 1,2-2,5 разів більше на смугах з широтним напрямком, порівняно з меридіанним. Варто зазначити, що істотної різниці за кількістю 1-річного самосіву сосни поміж варіантів з підсіванням насіння та без підсівання у 2014 р. не було виявлено.

Після проведення першого прийому СПР на 3-4-ий рік, залежно від типу лісу, налічується від 1,52 до 32,04 тис. шт.·га<sup>-1</sup> підросту сосни, з них – без заходів сприяння природному поновленню – 1,52-8,82 тис. шт.·га<sup>-1</sup>, та 5,44-32,04 тис. шт.·га<sup>-1</sup> – з мінералізацією ґрунту.

Упродовж перших років після першого прийому СПР відбулося пошкодження та відмирання дерев у залишених смугах (табл. 4). Відмерлі та дуже ослаблені дерева сосни були вилючені під час вибіркового санітарних рубок.

Таблиця 4. Пошкодження та відмирання дерев сосни звичайної на постійних пробних площах (станом на 20.07.2020)

Table 4. Damage and dying-off of Scots pine trees in permanent trial plots (as of July 20, 2020)

| Види пошкоджень<br>дерев | ППП 1                      |                                        | ППП 2                      |                                        | ППП 3                      |                                        | ППП 4                      |                                        |
|--------------------------|----------------------------|----------------------------------------|----------------------------|----------------------------------------|----------------------------|----------------------------------------|----------------------------|----------------------------------------|
|                          | N,<br>шт.·га <sup>-1</sup> | M,<br>м <sup>3</sup> ·га <sup>-1</sup> | N,<br>шт.·га <sup>-1</sup> | M,<br>м <sup>3</sup> ·га <sup>-1</sup> | N,<br>шт.·га <sup>-1</sup> | M,<br>м <sup>3</sup> ·га <sup>-1</sup> | N,<br>шт.·га <sup>-1</sup> | M,<br>м <sup>3</sup> ·га <sup>-1</sup> |
| Вітровал                 | –                          | –                                      | 2                          | 2,4                                    | 2                          | 3,7                                    | –                          | –                                      |
| Нахил стовбура           | 4                          | 4,2                                    | 2                          | 1,8                                    | 4                          | 5,7                                    | –                          | –                                      |
| Вітролом                 | 4                          | 5,8                                    | –                          | –                                      | 2                          | 2,8                                    | –                          | –                                      |
| Сухостій                 | 8                          | 8,0                                    | 6                          | 6,1                                    | 8                          | 6,9                                    | 14                         | 17,8                                   |

На ділянках, де відбулося задовільне природне поновлення сосни та інших цінних порід, проведені наступні прийоми СПР. Частка ділової деревини склала 81-87% від ліквідної. Після проведення другого прийому СПР з повторністю 4-5 років та

заходів сприяння природному поновленню упродовж 2-4 років густота підросту і самосіву сосни у переведенні на вікову групу 4-8 років становила 4,2-15,4 тис. шт.·га<sup>-1</sup>. Успішність лісовідновлення була доброю та задовільною (табл. 5).

**Таблиця 5. Кількість підросту і самосіву сосни після другого прийому смугово-поступової рубки (станом на 21.09.2021)**

**Table 5. The amount of advance growth and self-seeding plants of pine after the second cut of strip-shelterwood felling (as of September 21, 2021)**

| № ділянки | Місяць, рік рубки | Кількість підросту і самосіву сосни (тис. шт. · га <sup>-1</sup> ) за віком (років) |      |       |      |                            | Категорія успішності лісовідновлення |
|-----------|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------|-------|------|----------------------------|--------------------------------------|
|           |                   | 4-8                                                                                 | 3    | 2     | 1    | у перерахунку на 4-8 років |                                      |
| 1         | 05.2018           | 5,38                                                                                | 1,38 | 7,91  | 0,23 | 10,32                      | Добре                                |
| 2         | 10-12.2019        | –                                                                                   | –    | 15,24 | 3,10 | 7,93                       | Добре                                |
| 3         | 10-12.2019        | –                                                                                   | –    | 30,67 | 0,53 | 15,39                      | Добре                                |
| 4         | 1-3.2018          | 1,22                                                                                | 1,84 | 3,16  | 1,40 | 4,23                       | Задовільне                           |
| 5         | 1-3.2017          | 4,80                                                                                | 2,66 | 14,50 | 0,72 | 13,98                      | Добре                                |

**Дискусія (Discussion).** Після проведення першого прийому СПР відпад у залишених смугах соснових деревостанів становив від 6,1 до 17,8 м<sup>3</sup> · га<sup>-1</sup> (1,9-6,6% від запасу). Збільшення обсягу відпаду спостережено в ослаблених соснових деревостанах, що підтверджує дані М.П. Савущика (2024). За достатньої кількості насіння, що потрапляє на мінералізований ґрунт після першого прийому СПР, поява сходів, збереженість та ріст самосіву сосни звичайної, дуба звичайного залежить від спадкових властивостей рослин, кліматичних, едафічних умов, що створюються на смугах з вилученими деревами у певних типах лісу.

У типі лісу  $B_2-\partial C$  густина 1-річного самосіву сосни була доволі різною. На смугах з широтним напрямком у цьому типі лісу густина самосіву була у 1,7-6,1 разів більшою, ніж на смугах з меридіанною орієнтацією. Такий результат, ймовірно, можна пояснити кращими гідрологічними умовами, які складаються на поверхні ґрунту вилучених смуг, що узгоджується з даними А.І. Миховича та ін. (1971) для вузьколісосічних суцільних рубок.

Після першого прийому СПР без проведення заходів сприяння природному поновленню лісу у типах лісу  $B_3-\partial C$  та  $C_3-\partial C$  густина самосіву сосни становила 7,17-40,74 тис. шт. · га<sup>-1</sup> та була у 1,8-7,2 разів меншою, ніж на ділянках зі сприянням. Певної залежності густоти самосіву від напрямку смуг не встановлено. Ця обставина вказує на необхідність проведення заходів зі сприяння природному поновленню сосни після першого прийому СПР.

У сосняку свіжого бору (облікова ділянка №7) на смугах широтного напрямку з мінералізацією ґрунту культиватором КЛБ-1,7 густина 1-річного самосіву сосни (30,8 тис. шт. · га<sup>-1</sup>) оцінена як задовільна. Упродовж наступних трьох років збереженість підросту сосни становила 5,8 тис. шт. · га<sup>-1</sup> (19%). На смугах відновилося близько 5 тис. шт. · га<sup>-1</sup> самосіву сосни, що надає підстави для нагромадження нормативної її кількості (8 тис. шт. · га<sup>-1</sup>)

та проведення кінцевого прийому СПР упродовж наступних одного-двох років. Термін повторювальності прийомів СПР у типі лісу  $A_2-C$  становитиме 5-6 років.

У типі лісу  $B_2-\partial C$  на смугах, утворених після першого прийому СПР, густина 3-річного підросту сосни становила 8,76-31,7 тис. шт. · га<sup>-1</sup>, розміщення на ділянках – рівномірне (частота трапляння 68-94%). Більшою є збереженість 3-річного підросту сосни на смугах широтного напрямку (12,2-31,7 тис. шт. · га<sup>-1</sup>). Тому у сосняку свіжого дубово-соснового субору смуги для вилучення дерев бажано закладати у широтному напрямку. Кількість 1-2-річного самосіву сосни становить 2,6-6,7 тис. шт. · га<sup>-1</sup>. Термін повторювальності прийомів СПР у типі лісу  $B_2-\partial C$  становитиме 4-5 років.

У сосняках вологого дубово-соснового субору кількість 3-річних деревець сосни на смугах, утворених після першого прийому СПР із проведенням заходів сприяння, становить 5,44-32,04 тис. шт. · га<sup>-1</sup>. На обліковій ділянці №2 зменшення кількості дерев сосни пояснюється пошкодженням кореневої системи личинками хрущів. Кількість 3-річних дерев дуба звичайного становить 0,73-0,97 тис. шт. · га<sup>-1</sup>, а кількість 1-2-річного самосіву сосни – 0,07-4,93 тис. шт. · га<sup>-1</sup>. Термін повторювальності прийомів СПР у типі лісу  $B_3-\partial C$  становитиме 4-5 років.

На окремих ділянках в умовах вологого сугруду проведені догляди за молодим поколінням сосни шляхом зрізування кущорізами порості малоцінних дерев і кущів. На зрубаних смугах з прокладеними плужними борознами у типі лісу  $C_3-\partial C$  кількість 3-річного підросту сосни звичайної становила 8,13-12,93 тис. шт. · га<sup>-1</sup>, дуба звичайного – 1,24-9,45 тис. шт. · га<sup>-1</sup>. На смугах без сприяння поновленню збереглося 4-річних дерев сосни звичайної в кількості 7,38-8,82 тис. шт. · га<sup>-1</sup>, а дуба звичайного – 0,22-0,67 тис. шт. · га<sup>-1</sup>. Термін повторності прийомів рубки у типі лісу  $C_3-\partial C$  становитиме 4-5 років.

Більша кількість молодого покоління сосни зберігається за меридіанним напрямком смуг у західній та центральній частинах, а за широтним напрямком – у північній та центральній частинах. Зменшення кількості природного поновлення сосни біля ростучого деревостану пояснюється частковим затіненням біля стін лісу, порівняно з центральною, краще освітленою частиною смуг. Вважаємо, що термін повторюваності прийомів СПР у соснових деревостанах потрібно зменшити з 8-10 до 4-6 років. Кількість молодого покоління сосни звичайної та дуба звичайного, що відновилося після першого прийому СПР, є достатньою для формування дубово-соснових деревостанів природного походження.

На обліковій ділянці №4 густота поновлення сосни і дуба перевищила нормативну з рівномірним розміщенням, що дало підставу провести другий (кінцевий) прийом СПР. Заходів сприяння на цій ділянці після проведення кінцевого прийому не проводили, тому внаслідок задерніння ґрунту інтенсивність природного поновлення сосни була дещо гіршою, ніж на інших ділянках. Варто зазначити, що ще після першого прийому СПР, коли збільшується інтенсивність бокового освітлення, поліпшуються умови для росту і розвитку нижніх ярусів рослинності під наметом залишених до наступних прийомів рубки соснового деревостану.

Так, на смугах після проведення другого прийому СПР у певних типах лісу набувають поширення трав'яні види: куничник наземний (*Calamagrostis epigeios* (L.) Roth), куничник очеретяний (*Calamagrostis arundinacea* (L.) Roth), костриця овеча (*Festuca ovina* L.), золотушник звичайний (*Solidago virgaurea* L.), тонконіг лучний (*Poa pratensis* L.), осока вереснянкова (*Carex ericetorum* Pollich), щавель горобинний (*Rumex acetosella* (L.)), хамерій вузьколистий (*Chamerion angustifolium* (L.) Holub), суниці лісові (*Fragaria vesca* L.) тощо.

Після проведення другого прийому СПР та заходів зі сприяння природному поновленню упродовж 2-4 років зберігся підріст та відновився самосів сосни (успішність лісовідновлення добра та задовільна). Природне поновлення поповнилося іншими деревними видами: дубом звичайним, березою повислою, осикою, що узгоджується з результатами досліджень М.Я. Оскредкова (1963), В.В. Федорова та ін. (1991). Достатня кількість життєздатного підросту сосни звичайної та інших цінних деревних видів (понад 8 тис. шт.·га<sup>-1</sup>) надає підстави для проведення третього (кінцевого) прийому СПР. Термін повторності між другим і третім прийомом СПР становитиме 4-5 років.

Після проведення кінцевого прийому СПР на вилучених смугах потрібно здійснити мінералізацію ґрунту. За відсутності поблизу джерел обнасіння варто залишати підріст, насінні дерева сосни (10-15 шт.·га<sup>-1</sup>) або відновлювати деревостани комбінованим способом.

Збільшення терміну повторності прийомів понад п'ять років призводить до посилення затінення підросту світлолюбної сосни звичайної та погіршення його життєздатності. Загальна тривалість проведення СПР у соснових деревостанах становитиме 8-12 років.

Після завершення СПР формуються соснові молодняки природного походження, мішаного складу з ознакою різновіковості. Зокрема, після завершення дослідної двоприйомної СПР (облікова ділянка №4) сформовано деревостан, що має склад 5Сз(10)2Сз(5)1Дз2Бп + Ос з середньою висотою 5 м, середнім діаметром 4 см, повнотою 0,9 та запасом 50 м<sup>3</sup>·га<sup>-1</sup>. У зв'язку з цим, смугово-поступові рубки для природного поновлення сосни звичайної та інших цінних деревних видів можна рекомендувати як один із ефективних заходів наближеного до природи лісівництва. Добір технічних засобів лісозаготівельних робіт не має бути підставою для призначення певного виду рубки. Залежно від економічних умов підприємств, СПР можливо проводити із застосуванням багатоопераційних лісозаготівельних машин або за традиційною технологією (на базі бензопил і трелювальних тракторів). Рубками догляду потрібно формувати стійкі та продуктивні дубово-соснові деревостани природного походження.

**Висновки (Conclusions).** У стиглих соснових деревостанах після першого прийому смугово-поступових рубок, проведених у 2013-2014 рр. на загальній площі 100 га, процес природного поновлення сосни звичайної та інших деревних видів відбувався по різному. В соснових деревостанах свіжого соснового бору після першого прийому СПР зі сприянням поновленню дисковим культиватором за достатнього насінношення дерев (урожайність 3 бали і вище) успішність природного поновлення упродовж трьох років є задовільною.

У соснових деревостанах свіжого дубово-соснового субору після першого прийому СПР та мінералізації понад 60% ґрунту плугами успішність природного поновлення сосни звичайної є доброю та задовільною. На смугах з широтним напрямком густота 1-річного самосіву була у 1,7 – 6,1 разів більшою, ніж на смугах з меридіанною орієнтацією. Кількість 3-річного підросту сосни становить 8,8-31,7 тис. шт.·га<sup>-1</sup> з рівномірним розміщенням на ділянках. Більшу збереженість підросту спостережено на смугах широтного напрямку (12,2-31,7 тис. шт.·га<sup>-1</sup>). На окремих ділянках без проведення заходів зі сприяння незадовільне поновлення сосни пояснюється пригніченням самосіву куничником та пошкодженням личинками хрущів.

Після першого прийому СПР найбільшу густоту 1-річного самосіву сосни виявлено у типах лісу В<sub>3</sub>-дС (29,2-73,7 тис. шт.·га<sup>-1</sup>) та С<sub>3</sub>-дС (40,3-47,9 тис. шт.·га<sup>-1</sup>). В умовах вологого дубово-соснового субору 1-річного самосіву сосни відно-

вилосся у 1,2-2,5 разів більше на смугах з широтним напрямком, порівняно з меридіанним. Після першого прийому СПР без проведення заходів сприяння природному поновленню лісу у типах лісу  $B_3-\partial C$  та  $C_3-\partial \partial C$  густота 1-річного самосіву сосни становила 7,2-40,7 тис. шт.  $\cdot \text{га}^{-1}$  та була у 1,8-7,2 разів меншою, ніж на ділянках зі сприянням. Ця обставина вказує на необхідність проведення заходів зі сприяння природному поновленню сосни після першого прийому смугово-поступової рубки.

У сосняках вологого дубово-соснового субору кількість 3-річних деревець сосни звичайної на смугах, утворених після першого прийому СПР із проведенням заходів сприяння, становить 5,4-32,0, дуба звичайного – 0,7-1,0 тис. шт.  $\cdot \text{га}^{-1}$ . В умовах вологого сугруду на зрубаних смугах з прокладеними плужними борознами кількість 3-річного підросту сосни становила 8,1-12,9, дуба – 1,2-9,4 тис. шт.  $\cdot \text{га}^{-1}$ . На смугах без сприяння природному поновленню 4-річних дерев сосни збереглося в кількості 7,4-8,8 та дуба – 0,2-0,7 тис. шт.  $\cdot \text{га}^{-1}$ .

Після проведення другого прийому СПР з повторністю 4-5 років та запровадження заходів зі сприяння природному поновленню упродовж 2-4 років густота підросту і самосіву сосни у переведенні на вікову групу 4-8 років становила 4,2-15,4 тис. шт.  $\cdot \text{га}^{-1}$ . Достатня кількість життєздатного підросту сосни звичайної та інших деревних видів (понад 8 тис. шт.  $\cdot \text{га}^{-1}$ ) надає підстави для проведення третього (кінцевого) прийому СПР.

Смугово-поступові рубки доцільно призначати у стиглих соснових деревостанах у типах лісу  $B_3-\partial C$ ,  $B_2-\partial C$ ,  $C_3-\partial \partial C$  з протяжністю крон дерев менше 1/3 висоти стовбура, з підліском зімкнутістю понад 0,3, з наявністю у складі живого надгрунтового вкриття експансивних рослин, в яких не відбувається успішне природне поновлення сосни після рівномірно-поступових та групово-поступових рубок. СПР доцільно проводити для відтворення природних деревостанів та ведення наближеного до природи лісівництва.

Смугово-поступові рубки доцільно проводити в три прийоми з шириною вирубаних смуг, пропорційній одній висоті деревостану (25-30 м). У наступні прийоми СПР вирублені смуги широтної орієнтації доцільно закладати у напрямку з півночі на південь, а меридіанної – зі сходу на захід. Для забезпечення більш успішного природного лісовідновлення варто обирати широтний напрям смуг. Кожен прийом смугово-поступових рубок і заходи зі сприяння природному поновленню сосни звичайної та інших порід найкраще проводити у насінний рік до терміну початку розкривання шишок.

Кращим способом сприяння природному поновленню у типах лісу  $B_2-\partial C$ ,  $B_3-\partial C$  та  $C_3-\partial \partial C$  є прокладання борозен плугами ПЛ-75-15 (ПКЛ-70) з часткою мінералізації ґрунту більше 60% від площі ділянки.

## Список літератури (References)

- Алексеев, П. В. (1967). *Чересполосно- и коридорно-пасечные рубки в лиственно-еловых древостоях*. Йошкар-Ола: Марийское книжное издательство. [Alekseev, P. V. (1967). *Strip-and-corridor apiary cutting in deciduous stands*. Yoshkar-Ola: Mari book Publishing House] (in Russian)
- Білоус, А. М., Кашпор, С. М., Миронюк, В. В., Свинчук, В. А., Леснік, О. М. (2021). *Лісотаксаційний довідник*. Київ: Видавничий дім «Вініченко» [Bilous, A. M., Kashpor, S. M., Myroniuk, V. V., Svinchuk, V. A., & Lesnik, O. M. (2020). *Forest inventory handbook*. Kyiv: "Vinichenko" Publishing House] (in Ukrainian)
- Бузун, В. О. (2006). Система ведення лісового господарства у сосновій формації лісів Полісся України. *Радіоекологія лісів і лісове господарство Полісся України*, 91-103. [Buzun, V. O. (2006). System of carrying out of forestry in pine formation of forests of Polissya of Ukraine. *Radioecology of Forests and Forestry of Polyssya of Ukraine*, 91-103. ISBN 966-306-018-2] (in Ukrainian)
- Ведмідь, М. М., Шкудор, В. Д., Бузун, В. О. (2008). *Відновлення природних деревостанів Західного Полісся*. Житомир: Полісся. [Vedmid', M. M., Zchkudor, V. D., & Buzun, V. O. (2008). *Restoration of natural stands of Western Polissya*. Zhytomyr: Polyssya] (in Ukrainian)
- Жежкун, А. М. (2021). *Ліси Східного Полісся України: структура, продуктивність, формування та відтворення*. Мена: Домінант [Zhezhkun, A. M. (2021). *Forests of Eastern Polissya of Ukraine: structure, production, formation and reproduction*. Mena: Dominant] (in Ukrainian)
- Інструкція з проектування, технічного приймання, обліку та оцінки якості лісокультурних об'єктів (2010). Затверджено наказом Держкомлісгоспу України від 19.08.2010 р., № 260. Київ: Державний комітет лісового господарства України [Instruction on design, technical acceptance, accounting and quality assessment of forestry objects (2010). Approved. By order of the State Forestry Committee of Ukraine dated August 19, 2010, No. 260. Kyiv: State Forestry Committee of Ukraine. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1046-10#Text>] (in Ukrainian)
- Криницький, Г. Т., Чернявський, М. В., Дербаль, Ю. Ю., Делеган, І. В., Миклуш, С. І., Парпан, В. І., ... Яловіар, П. (2014). *Наближене до природи та багатofункціональне ведення лісового господарства в Карпатському регіоні України та Словаччини*. Ужгород: ПП «Коло». [Krynitskyu, H. T., Cherniavskyu, M. V., Derbal, Y. Y., Delehan, I. V., Myklush, S. I., Parpan, V. I., ..., Jaloviar, P. (2014). *Close-to-nature and multifunctional forest management in the Carpathian region of Ukraine and Slovakia*. Uzhgorod: PE "Kolo". Retrieved from <http://www.forza.org.ua/uk/nablizhene-do-prirodi-ta-bagatofunkcionalne-vedennya-lisovogo-gospodarstva-v-karpatskomu-regioni>] (in Ukrainian)

- Лавний, В.В., Шпатгельф, П. (2016). Практика наближеного до природи лісівництва у соснових лісах північно-східної Німеччини. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 14, 52-57. [Lavnyy, V.V., & Spathelf, P. (2016). The practice of close to nature forestry in the pine forests of Northeast Germany. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 14, 52-57. <https://doi.org/10.15421/411606>] (in Ukrainian)
- Лось, С.А., Терещенко, Л.І., Гайда, Ю.І., Шлончак, Г.А., Митроченко, В.В., Шлончак, Г.В., ... Данчук, О.Т. (2017). *Настанови з лісового насінництва*. Харків: УкрНДЛІГА ім. Г.М. Висоцького [Los, S.A., Tereshchenko, L.I., Hayda, Yu.I., Shlonchak, G.A., Mitrochenko, V.V., Shlonchak, G.V., ... Danchuk, O.T. (2017). *Guidelines for forest seed production*. Kharkiv: the G.M. Vysotsky Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration. Retrieved from [http://ucfb.info/fileadmin/user\\_upload/pdf](http://ucfb.info/fileadmin/user_upload/pdf)] (in Ukrainian)
- Михович, А.И., Литвак, А.В., Юрковский, А.А., Романев, Н.С. (1971). Гидрологические условия на лесосеках главных рубок дубовых и сосновых лесов. *Лесоводство и агролесомелиорация*, 24, 91-98. [Mykhovich, A.I., Litvak, A.V., Yurkovsky, A.A., & Romanev, N.S. (1971). Hydrological conditions at the felling areas of the principal fellings of oak and pine forests. *Forestry and Forest Melioration*, 24, 91-98] (in Russian)
- Оскредков, М.Я. (1963). Полосно-постепенные механизированные рубки. *Лесное хозяйство*, 8, 69-71. [Oskretkov, M.Ya. (1963). Strip-gradual mechanization of felling. *Forestry*, 8, 69-71] (in Russian)
- Правила рубок головного користування* (2009). Затверджено наказом Держкомлігоспу України від 23.12.2009 р., № 364. Київ: Державний комітет лісового господарства України [Main use felling rules (2009). Approved. By order of the State Forestry Committee of Ukraine dated December 23, 2009, No. 364. Kyiv: State Forestry Committee of Ukraine. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0085-10#Text>] (in Ukrainian)
- Савущик, М.П. (2024). Ефективність рубок як заходу сприяння лісовідновленню в ослаблених сосняках свіжого субору ДП «Клавдіївська ЛНДС». *Лісівництво і агролісомеліорація*, 144, 50-58. [Savushchyk, M.P. (2024). Success of felling and reforestation in weakened pine forests in the fresh relatively infertile pine site type in Klavdievo forest research station. *Forestry and Forest Melioration*, 144, 50-58. <https://doi.org/10.33220/1026-3365.144.2024.52>] (in Ukrainian)
- Санітарні правила в лісах України* (1995). Затверджено Постановою Кабінету Міністрів України від 27.07.1995 р., № 555 Київ: Кабінет Міністрів України. [Sanitary regulations in the forests of Ukraine (1995). Approved by the Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated 27.07.1995, No. 555 Kyiv: Cabinet of Ministers of Ukraine. Retrieved from <http://www.drs.gov.ua/wp-content/uploads/2018/10/14175-22.10.18.pdf>] (in Ukrainian)
- СОУ 02.02-37-476 (2006). *Площі пробні лісовпорядні. Метод закладання*. Чинний від 01.05.2007. Київ: Мінагрополітики України. [SOU 02.02-37-476 (2006). *Trial plots are forest-managed. Laying method*. Valid from 01.05.2007. Kyiv: Ministry of Agrarian Policy of Ukraine] (in Ukrainian)
- Ткач, В.П. (1999). *Заплавні ліси України*. Харків: Право. [Tkach, V.P. (1999). *Floodplain forests of Ukraine*. Kharkiv: Pravo] (in Ukrainian)
- Ткач, В.П., Жежкун, А.М. (2024). Особливості застосування рівномірно-поступових рубок у соснових деревостанах Полісся України. *Лісівництво і агролісомеліорація*, 144, 3-12. [Tkach, V.P., & Zhezhkun, A.M. (2024). Features of the application of uniform shelterwood felling in pine stands in Polissia Ukraine. *Forestry and Forest Melioration*, 144, 3-12. <https://doi.org/10.33220/1026-3365.144.2024.3>] (in Ukrainian)
- Ткач, В.П., Румянцев, М.Г., Лук'янець, В.А. (2023). Природне відновлення дубових насаджень Лівобережного Лісостепу після проведення в них лісовідновних рубок. *Лісівництво і агролісомеліорація*, 143, 3-12. [Tkach, V., P., Rumiantsev, M.H., & Luk'yanets, N.A. (2023). Natural regeneration of oak stands in the Left-Bank forest-steppe after regeneration felling. *Forestry and Forest Melioration*, 143, 3-12. <https://doi.org/10.33220/1026-3365.143.2023.3>] (in Ukrainian)
- Токарева, О.В. (2021). Особливості застосування систем рубок головного користування в лісах України. *Український журнал лісівництва та деревознавства*, 12(1), 34-40. [Tokarieva, O.V. (2021). Features of application of systems of felling of the main use in the forests of Ukraine, *Ukrainian journal of forest and wood science*, 12(1), 34-40. <https://doi.org/10.31548/forest2021.01/004>] (in Ukrainian)
- Федоров, В.В., Солодов, А.А., Иванчиков, А.А. (1991). Оценка полосно-постепенных рубок. *Лесная промышленность*, 2, 18. [Fedorov, V.V., Solodov, A.A., & Ivanchikov, A.A. (1991). Assessment of strip-gradual cuttings. *Forest industry*, 2, 18] (in Russian)
- Brichta, J., Vacek, S., Vacek, Z., Cukor, J., Mikeska, M., Bilek, L., ... Brabec, P. (2023). Importance and potential of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in 21st century. *Central European Forestry Journal*, 69(1), 3-20. <https://doi.org/10.2478/forj-2022-0020>
- Mason, W.L., Diaci, J., Carvalho, J., & Valkonen, S. (2022). Continuous cover forestry in Europe: usage and the knowledge gaps and challenges to wider adoption. *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 95(1), 1-12. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpab038>
- Straupe, I., & Sadauskis, E. (2022). The regeneration of Scots pine *Pinus sylvestris* L. after selective felling in *hylocomiosa* forest site type. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM*, 22(3.2), 439-446. <https://doi.org/10.5593/sgem2022v/3.2/s14.51>

- Xianfeng, F., Wei, T., Xiaoye, G., & Zongzheng, C. (2021). Close-to-nature management positively improves the spatial structure of Masson pine forest stands. *Web Ecology*, 21(1), 45-54. <https://doi.org/10.5194/we-21-45-2021>
- Zhezhkun, A. M., Kubrakov, S., Porokhniach, I., Kovalenko, I., & Melnyk, T. (2023). Close-to-Nature Forestry Measures in East Polissia Region of Ukraine. *South-east European Forestry*, 14(1), 15-26. <https://doi.org/10.15177/seefor.23-04>

## The success of reforestation after experimental strip-shelterwood felling in the pine stands of the Eastern Polissia of Ukraine

A. Zhezhkun<sup>1</sup>

The article presents the results of experimental strip-shelterwood felling in mature pine stands of the Eastern Polissia of Ukraine, carried out in 2013-2019. The experimental strip-shelterwood felling was carried out in two or three cuts. In the first cut, all the trees within the strip to be cut were designated for felling. The width of the strip with removed trees was equal to the average height of the parent stand (25-30 m). The next strip with removed trees was laid out at a distance equal to 1 or 2 widths of the cut strip. The strips were laid out in meridian or latitudinal directions. Trees growing in the adjacent strip were used for the subsequent cut of strip-shelterwood felling.

After felling carried out in the autumn or spring, natural regeneration was promoted by loosening the soil with disk cultivators or by making furrows with ploughs. During the accounting by the selective statistical method, individuals of natural regeneration of tree species were divided into self-sowing: 1 and 2 years old, advance growth: 3 years old, 4-8 years old, 9-15 years old.

Within 3-4 years after the first cut of felling and measures to promote natural forest regeneration, depending on the type of forest, from 5.4 to 32.0

thousand pieces per hectare of Scots pine, from 0.7 to 9.4 thousand pieces per hectare of European oak and other valuable tree species were regenerated. In the latitudinal orientation strips, 1.2-2.5 times more pine advance growth is regenerated compared to the meridional direction of the strips. After felling without the use of promotion measures for natural regeneration, the density of natural pine regeneration is 1.8-7.2 times lower than with soil mineralization.

After carrying out the second cut of strip-shelterwood felling with a cutting cycle of 4-5 years and measures to promote natural regeneration for 2-4 years, the density of advance growth and self-sowing of pine in the age group of 4-8 years was 4.2-15.4 thousand pcs·ha<sup>-1</sup> (regeneration success is good and satisfactory). Natural renewal is supplemented by other tree species: by European oak, weeping birch, aspen. A sufficient amount of viable advance growth of Scots pine and other valuable species provides grounds for conducting the third (final) cut of felling. The cutting cycle period between the second and third cuts of strip-shelterwood felling will be 4-5 years.

Mature pine stands with a tree crown length less than 1/3 of their height, with undergrowth density of more than 0.3, with the presence of expansive plants in the living above-ground cover, in which successful natural regeneration of pine does not take place after carrying out of uniform-shelterwood and group-shelterwood felling, should be designated for strip-shelterwood felling. It is expedient to carry out strip-shelterwood felling to reproduce natural stands and conduct Close-to-Nature forestry measures.

Strip-shelterwood fellings are carried out in three cuts with the width of removed strips identical to the height of stands (25-30 m). To ensure more successful natural regeneration, the latitudinal direction of the strips should be chosen. Each cut of strip-shelterwood felling and measures to promote the natural regeneration of Scots pine and other species should be carried out in the seed year before the beginning of the opening of the cones. The best way to promote natural regeneration is to make ploughed furrows. The share of soil mineralization should be more than 60% of the plot area. The period of cutting cycles is 4-6 years. In the final cut of felling, it is necessary to ensure the preservation of seed sources, advance growth, mineralization of the soil to promote the natural regeneration of Scots pine and other valuable species.

**Key words:** Scots pine; cut of felling; seeding, measures to promote natural regeneration; advance growth; self-sowing; forest types.

<sup>1</sup> *Anatoliy Zhezhkun* – Full Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Doctor of Agricultural Sciences, Director of the State Enterprise “Novgorod-Siversk Forest Research Station” the G.M. Vysotsky Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration, 90 Ivan Bohun st., Novgorod-Siverskyi, Chernihiv region, 16000, Ukraine. E-mail: [desna-90@ukr.net](mailto:desna-90@ukr.net) ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1431-8944>



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

<http://fasu.nltu.edu.ua>  
<https://doi.org/10.15421/412417>  
Article received 2024.03.11  
Article accepted 2024.10.18

ISSN 1991-606X print  
ISSN 2616-5015 online  
@ ✉ Correspondence author  
Yuriy Shparyk  
[yuriy.shparyk@gmail.com](mailto:yuriy.shparyk@gmail.com)

Stara Guta, Ivano-Frankivsk region, 77745, Ukraine

УДК 581.5:582.726(477.41) : 630\*5:502(477.42) : 633.872(477.44)

## Буковий квазіпраліс Ґорґан: структура, фіторізноманіття, стан

Ю. С. Шпарик<sup>1</sup>, І. М. Данилик<sup>2</sup>, О. Т. Кузярін<sup>3</sup>, І. І. Сенчак<sup>4</sup>, Н. І. Крук<sup>5</sup>

Виконання умови базового пріоритету у діяльності установ природно-заповідного фонду України – збереження біорізноманіття природних екосистем забезпечить відновлення їхньої природної структури та попередження проникнення і боротьбу з інвазійними видами. В Українських Карпатах практично всі установи ПЗФ розташовані в лісовому фонді, а еталонами природної структури та фіторізноманіття є праліси і квазіпраліси. Досліджено 14 об'єктів букового квазіпралісу Ґорґан в умовах вологої смереково-ялицевої суббучини на території НПП «Синьогора».

У віці 190 років буковий квазіпраліс Ґорґан представляє собою триярусний різновіковий смереково-ялицево-буковий корінний деревостан, який має високі продуктивність, повноту і запас ростучої деревини, низький запас сухостійної деревини, значний запас мертвої лежачої деревини, високу частку дерев з пошкодженнями крони, близькі до середніх значення класів IUFRO і характеризується успішним природним поновленням. Коефіцієнт варіації таксаційних показників доволі високий, зокрема від 50 до 15% за кількістю ростучих дерев. Сухостій формує переважно бук за участю смереки, а мертву лежачу деревину – в основному смерека за участю бука. Підріст має густоту 15,7 тис. шт./га і дуже подібну участь у його складі бука, явора та ялиці. Фіторізноманіття букового квазіпралісу формують 51 вид судинних рослин: сім видів дерев, п'ять – кущів, три – кущиків, 36 – трав. Мінливість висоти трав та їх участі у рослинній формації оцінено як середню ( $v > 20\%$ ).

Виявлено особливості структури, стану і видового складу судинних рослин, які формують буковий квазіпраліс, і рекомендовано для ідентифікації рослинної асоціації *Piceeto (abietis) – Abieto (albae) – Fagetum (sylvaticae) galium (odorati)* та розробки ефективних природоохоронних заходів.

**Ключові слова:** Українські Карпати; смереково-ялицева бучина підмаренкова; ярусність; життєвість; товарність; лісівнича цінність; протяжність крони; мертва деревина; пошкодження; судинні рослини.

<sup>1</sup> Шпарик Юрій Степанович – член-кореспондент Лісівничої академії наук України, доктор сільськогосподарських наук, начальник науково-дослідного відділу НПП «Синьогора», вул. Зарічна, 4, с. Стара Гута Івано-Франківської області, 77745, Україна. Тел.: (0342)55-81-32. E-mail: [yuriy.shparyk@gmail.com](mailto:yuriy.shparyk@gmail.com) ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8047-6356>

<sup>2</sup> Данилик Іван Миколайович – академік Лісівничої академії наук України, член-кореспондент Національної академії наук України, доктор біологічних наук, професор, директор Інституту екології Карпат Національної академії наук України, вул. Козельницька 4, м. Львів, 79026, Україна. Тел.: (032)270-34-30. E-mail: [idanlyk@ukr.net](mailto:idanlyk@ukr.net) ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5779-4778>

<sup>3</sup> Кузярін Олександр Тимофійович – кандидат біологічних наук, науковий співробітник Державного природознавчого музею Національної академії наук України, вул. Театральна 18, м. Львів, 79008, Україна. Тел.: (032)235-69-17. E-mail: [kuzyarin@gmail.com](mailto:kuzyarin@gmail.com) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7728-3665>

<sup>4</sup> Сенчак Іван Іванович – магістр екології, молодший науковий співробітник НПП «Синьогора», вул. Зарічна, 4, с. Стара Гута Івано-Франківської області, 77745, Україна. Тел.: (0342)55-81-32. E-mail: [ivansencak12@gmail.com](mailto:ivansencak12@gmail.com) ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-0161-7904>

<sup>5</sup> Крук Назар Ігорович – магістр лісового господарства, начальник Сивульського ПНДВ НПП «Синьогора», вул. Зарічна, 4, с. Стара Гута Івано-Франківської області, 77745, Україна. Тел.: (0342)55-81-32. E-mail: [naz.kruk83@gmail.com](mailto:naz.kruk83@gmail.com) ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-5264-5062>

**Вступ.** Лісові фітоценози надають критично цінні для існування людини екосистемні послуги: збереження біорізноманіття, депонування вуглецю, водорегулювання та водопостачання, продукування кисню, нагромадження деревини та формування недеревної продукції (грибів, ягід, лікарської сировини тощо), очищення повітря, захист ґрунтів, створення комфортних умов для рекреаційної діяльності. Звичайно, з погляду охорони природи найважливішою і найдороговартіснішою екосистемною послугою лісів є збереження біорізноманіття (Гамор, 2013; Felton-Biber et al, 2020; UNEP, FAO, 2020; Xofis, Kefalas, & Poirazidis, 2023; Nabuurs et al., 2024). Тому вивчення та моніторинг видового різноманіття природних лісів, зокрема – пралісів і квазіпралісів, є важливими аспектами з погляду наукового обґрунтування лісівничих заходів у природно-заповідних лісах.

Ліси займають лише 30% поверхні Землі, а в них росте 60000 видів дерев, мешкає 80% усіх відомих земноводних, 75% усіх видів птахів і 68% усіх ссавців, а в тропічних лісах росте 60% судинних рослин світу (UNEP, FAO, 2020). Загалом, біорізноманіття вище у тропіках, нижче – у північних, бореальних регіонах. Ефективність збереження біорізноманіття є низькою в Європі, Індії та Східній Азії, але високою – на півночі Європи, на півночі Америки, в тропічних лісах, у Центральній та Південній Америці, в Африці та Азії (Hill et al., 2019).

Основною науковою проблемою є виявлення ефективних заходів з покращення та збереження біорізноманіття. З одного боку, сталість структури природних екосистем забезпечує і сталість їх біорізноманіття, але з іншого – незначні порушення (природного чи антропогенного походження) формують оселища і/або мікрооселища іншої, ніж у материнського оселища, структури і це дає змогу збільшити видове різноманіття однорідного ландшафту чи лісового масиву. Тобто помірні порушення, які мають незначне поширення за площею (до 10%), підтримують найвищий рівень біорізноманіття в сучасних лісових ландшафтах (Cosyns, Joa, & Mikoleit, 2020; Asbeck, Großmann, & Paillet, 2021; Viljur et al., 2022). Якщо ландшафт має неоднорідну структуру (наприклад, лісостеп), то для підтримання найвищого біорізноманіття потрібна лісистість на рівні 40% (Arroyo-Rodríguez et al., 2020).

Запас мертвої деревини є одним із найкращих індикаторів біорізноманіття щодо сапроксильних жуків і дереворуйнівних грибів (Gao et al, 2015; Oettel et al., 2022), а також – щодо птахів, мохоподібних і судинних рослин (Zeller et al., 2023). Загальновідомо, що запас мертвої деревини та біорізноманіття мають позитивну кореляцію, але вчені майже не повідомляють про порогові запаси деревини для збереження видів. J. Müller, & R. Bütler (2010) пропонують такі порогові запаси мертвої лежачої деревини для пікових значень видового багатства: 20-30 м<sup>3</sup>·га<sup>-1</sup> – в бореальних хвойних лісах, 30-40 м<sup>3</sup>·га<sup>-1</sup> – у мішаних гірських лісах,

30-50 м<sup>3</sup>·га<sup>-1</sup> – у низинних дубово-букових лісах. Це запаси мертвої деревини, які забезпечують найвище видове багатство лісів, хоча у пралісах вони дещо вищі (Шпарик, Коммармот, Беркела, 2010; Шпарик, Лосюк, Плига, 2021; Nabuurs et al., 2024).

Причини втрати лісами біорізноманіття складні та різноманітні. Непрямими причинами є збільшення населення світу та пов'язане з цим споживання і попит на продукти харчування, а прямими причинами є ведення сільського господарства (IPBES, 2019), інвазії чужорідних видів, процеси урбанізації, зміна водних режимів, ведення лісового господарства, незаконне використання природних ресурсів, браконьєрство, забруднення довкілля тощо (Karger, Kessler, & Lehnert, 2021; Jaureguiberry et al., 2022; Nabuurs et al., 2024).

Хоча сучасний прогрес у галузі дистанційного зондування, моніторингу та інвентаризації природних екосистем забезпечує достовірну великомасштабну просторово-часову інформацію про структуру середовищ проживання, які важливі для збереження біорізноманіття (Corona et al, 2011; Bae, Levick, & Heidrich, 2019), але забезпечити повний перелік видів цих середовищ засобами дистанційного зондування вчені ще не в змозі. Тому існує потреба в детальному польовому описі видового багатства оселищ (Gustafsson Bauhus, & Asbeck, 2020). Хоча різноманіття букових лісів і пралісів добре вивчене в усьому світі (Гамор, 2013; Стойко, 2018; Jahed et al, 2020; Шпарик та ін., 2021; Melnyk, 2022), але їх фіторізноманіття залежить і від умов регіону, де вони зростають. Тому актуальним науковим завданням залишається ідентифікація видового різноманіття рослин, санітарного стану і структури пралісів і квазіпралісів, зокрема, букового квазіпралісу Горганського хребта, який має унікальні лісорослинні умови для Українських Карпат.

**Мета досліджень** полягає в ідентифікації структури, видового різноманіття судинних рослин, санітарного стану букового квазіпралісу Горган з метою оцінювання його природності й соціологічної цінності.

**Об'єкти та методика досліджень.** Об'єкти дослідження – буковий квазіпраліс Горган на 14-ти дослідних об'єктах в контексті його цінності для збереження природного фіторізноманіття місцевих екосистем.

**Предмет дослідження** – специфіка видового різноманіття судинних рослин, санітарний стан (наявність пошкоджень, шкідників і хвороб) і структура (наявність прогалів і мікрооселищ) букового квазіпралісу Горган.

Дослідження здійснені у букових лісостанах Національного природного парку «Синьогора», які відповідають критеріям та індикаторам квазіпралісів: науковий полігон С-12-11 у вид. 11, кв. 12 Сивульського ПНДВ в умовах вологої смереково-ялицевої субучини на висоті 1000 м н.р.м;

13 тимчасових пробних площ в усіх трьох ПНДВ Парку від 700 до 1100 м н.р.м. в умовах вологої смереково-ялицевої субучини. Дослідження проведено загальноприйнятими і апробованими методиками у ботаніці, лісовій таксації і лісівництві (Braun Blanquet, 1964; Köhl, 2004; Гром, 2013; Миронюк та ін., 2019). Мертву сухостійну і лежачу деревину класифікували за чотирма ступенями розкладу і обмірами кожної її частини (Шпарик та ін., 2010). Стан букового квазіпралісу Горган оцінювали за двома напрямками – за наявністю пошкоджень дерев і за шістьма класами Міжнародної спілки лісових дослідних організацій (IUFRO) для кожного дерева: ярус, життєвість, положення, лісівнича цінність, товарність, протяжність крони (Köhl, 2004; Шпарик та ін., 2010). Результати польових обстежень внесено в цифрову базу даних з використанням Microsoft Excel, а статистичну обробку результатів виконано з використанням програми StatSoft STATISTICA 10.0.1011.

**Результати досліджень.** Обстежені лісові екосистеми букових квазіпралісів НПП «Синього-ра» достатньо однорідні за зовнішнім виглядом (рис. 1), але мають значні коливання в таксаційних показниках деревостанів (табл. 1). Загалом досліджені деревостани є багаторусними і різновіковими зі слабо розвиненим підліском і трав'яним вкриттям та з густим підростом.



Рис. 1. Вигляд деревостану букового квазіпралісу Горган

Fig. 1. A view of the European beech quasi-virgin forest stand in the Gorgan Mts.

Лісова підстилка в буковому квазіпралісі Горган формується за типом «муль» переважно з опадів бука, ялиці та ялини, має середнє поширення на 30% території (з коливаннями від 20 до 80%), середню товщину 1,5 см (коливання від 1 до 5 см) і добре розпушена (дикими тваринами).

На більшості дослідних об'єктів букового квазіпралісу ідентифіковано такий підтип ґрунту: бурий лісовий, легкосуглинковий, вологий, дрібнозернистої структури, щільнуватий, неглибокий (до 90 см), перехід поступовий з корінням дерев та щебенис-

тістю до 30%. Відмітимо, що найбільш мінливим показником є щебенистість ґрунтів – вона коливається від 20 до 70%.

Дерева на дослідних об'єктах за висотою розташовані у трьох ярусах, але запас третього ярусу незначний – на рівні 4% від загального запасу. Перший ярус цих деревостанів має породний склад переважно 8Бкл2Яцб + Ялс, Кля, який цілком відповідає типу лісу, але в окремих випадках частка бука може досягати і 10 од. з незначною участю ялиці, клена-явора і берези. Всього у складі першого ярусу букового квазіпралісу виявлено сім деревних видів і зовсім не виявлено дуба скельного, наявність якого встановлено під час проведення лісовпорядкувальних робіт. Середній діаметр I ярусу становить близько 62 см і може сягати 68 см; середня висота – близько 35 м і вона слабо відрізняється від верхньої висоти; середня кількість дерев – близько 170 шт./га і може досягати 230 шт./га; клас бонітету – I, рідше – II. Площа поперечного перерізу живих дерев переважно близька до 50 м<sup>2</sup>·га<sup>-1</sup>, що відповідає відносній повноті 0,76, і може сягати, відповідно, 52 м<sup>2</sup>·га<sup>-1</sup> та 0,82. Запас стовбурової деревини живих дерев становить в середньому понад 760 м<sup>3</sup>·га<sup>-1</sup>, а сухостою – лише 4 м<sup>3</sup>·га<sup>-1</sup> з максимальними значеннями, відповідно, 802 і 38 м<sup>3</sup>·га<sup>-1</sup> (див. табл. 1). Варто відзначити, що лише 6-9% дерев першого ярусу були сухими або такими, що всихають. Варіабельність цих показників на дослідних об'єктах є доволі високою – найвищий коефіцієнт варіації стосувався кількості дерев (майже 50%), а найнижчий – середньої висоти (менше 15%).

Значення таксаційних показників букового квазіпралісу Горган другого і третього ярусів закономірно нижчі, ніж їхні значення для першого ярусу, але їх коефіцієнти варіації зростають в середньому на 10-15% (див. табл. 1). Виняток становить кількість дерев у третьому ярусі, яка найбільша для всіх ярусів, що характерно для пралісів. Розподіл кількості дерев букового квазіпралісу за ступенями товщини має типовий спадний характер (Шпарик та ін., 2010; Стойко, 2018; Шпарик та ін., 2021), але з трьома «піками» на ступенях товщини для кожного з трьох ярусів (12, 48, 68 см). Оскільки бук лісовий домінує за кількістю дерев, то саме цей деревний вид і визначає тип розподілу дерев за діаметром (рис. 2).

Облік мертвої деревини букового квазіпралісу Горган здійснено у розрізі деревних видів, виду мертвої деревини (сухостій, лежача) і за чотирма ступенями її розкладання (перший – початковий (свіжий сухостій), другий – слабкий, третій – сильний, четвертий – повністю розкладена (гнила) деревина). У середньому деревостан букового квазіпралісу має незначний запас сухостою (склад – 4Бкл4Яцб2Ялс, запас – 10 м<sup>3</sup>·га<sup>-1</sup>) і значний запас мертвої лежачої деревини (склад – 4Бкл6Ялс + Яцб, запас – 74 м<sup>3</sup>·га<sup>-1</sup>), але саме запас та породний склад є найбільш мінливими показниками. Зокре-

ма, коефіцієнт варіації запасів сухостою на дослідних об'єктах перевищує 60%, а запасів лежачої деревини – 70% (табл. 2). При цьому, видовий деревний склад, представлений мертвою деревиною, є менш різноманітним, ніж представлений у живому деревостані.

Таблиця 1. Лісівничо-таксаційні показники деревостану наукового полігону С-12-11 та їх коливання для букового квазіпралісу Горган  
Table 1. European beech quasi-virgin forest mensuration indicators in the Gorgan Mts. and their variation on experimental objects

| Ярус                                                  | Склад                                    | Вік, років | Кількість дерев, шт./га | Середні |       | Сума ППП*, м <sup>2</sup> ·га <sup>-1</sup> | Запас, м <sup>3</sup> ·га <sup>-1</sup> | Сухостій, м <sup>3</sup> ·га <sup>-1</sup> |
|-------------------------------------------------------|------------------------------------------|------------|-------------------------|---------|-------|---------------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------|
|                                                       |                                          |            |                         | D, см   | H, м  |                                             |                                         |                                            |
| Індекс типу лісу – С <sub>3</sub> -см-яцБк, І бонітет |                                          |            |                         |         |       |                                             |                                         |                                            |
| 1                                                     | 8Бкл2Яцб+Ялє, Кля                        | 188        | 166                     | 61,7    | 34,8  | 49,66                                       | 764,9                                   | 3,8                                        |
| ±**                                                   | 7-10Бкл0-3Яцб0-2 Ялє + Кля, Ілм, Ске, Бп | 154-213    | 146-234                 | 52-68   | 31-35 | 44-52                                       | 668-802                                 | 3-38                                       |
| 2                                                     | 6Бкл2Кля 2Яцб+Ялє                        | 130        | 132                     | 35,1    | 27,3  | 12,74                                       | 163,6                                   | 4,4                                        |
| ±**                                                   | 4-8Бкл1-4Яцб0-1 Ялє0-1 Кля + Ілм, Ске    | 85-144     | 96-188                  | 22-38   | 22-31 | 6-18                                        | 83-192                                  | 0-23                                       |
| 3                                                     | 9Бкл1Яцб+Ялє, Кля                        | 60         | 187                     | 16,1    | 14,1  | 3,79                                        | 39,0                                    | 1,5                                        |
| ±**                                                   | 3-9Бкл1-6Яцб0-1 Ялє0-1Кля + Ілм, Ске     | 22-74      | 165-274                 | 12-26   | 9-18  | 2-7                                         | 21-53                                   | 1-16                                       |
| Разом:                                                | 8Бкл2Яцб+Ялє, Кля                        | 108        | 485                     | 42,0    | 30,0  | 66,19                                       | 967,5                                   | 9,7                                        |
| ±**                                                   | 7-9Бкл1-3Яцб0-2 Ялє0-1Кля + Ілм, Ске, Бп | 93-143     | 462-646                 | 38-48   | 28-33 | 46-72                                       | 761-1206                                | 4-53                                       |
| ЛВП***                                                | 9Бкл1Яцб + Ялє, Бп, Кля, Дс              | 188        | —                       | 52      | 27    | —                                           | 340                                     | 10                                         |

Примітки. \* – ППП – площа поперечного перерізу дерев; \*\* – ± – коливання показників за дослідними об'єктами; \*\*\* – ЛВП – дані лісовпорядкування для наукового полігону; умовні позначення порід: Бкл – бук лісовий, Яцб – ялиця біла, Ялє – ялина європейська, Кля – клен-явір, Ілм – ільм, Ске – сосна кедрова європейська, Бп – береза повисла, Дс – дуб скельний.

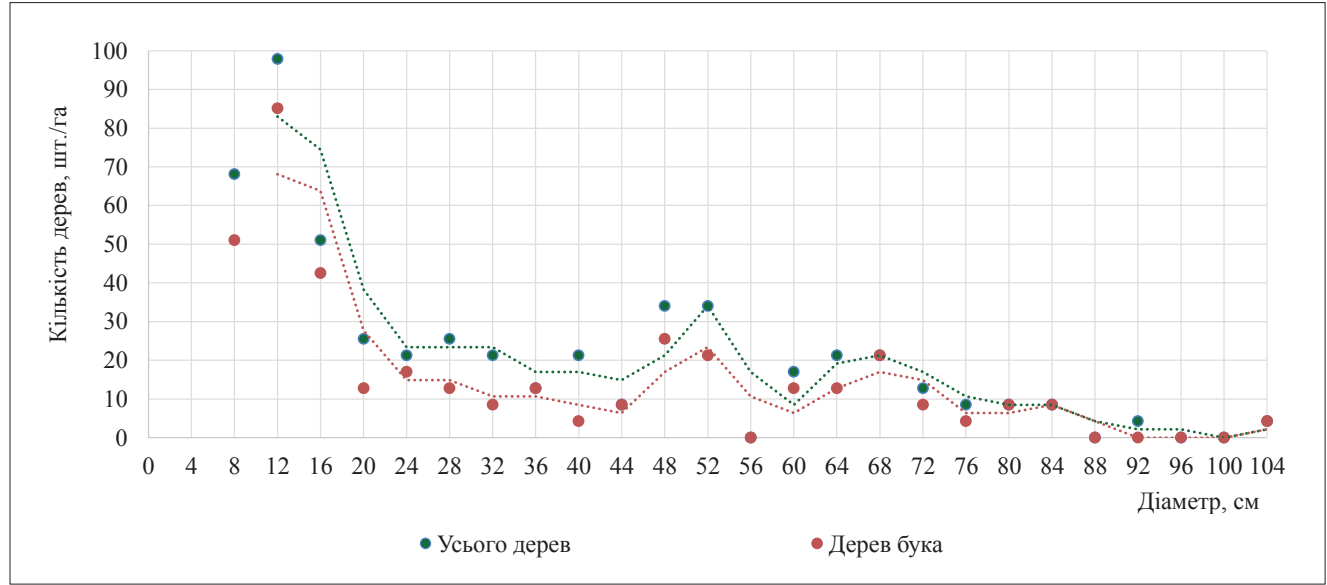


Рис. 2. Розподіл дерев букового квазіпралісу Горган за ступенями товщини  
Fig. 2. Diameter distribution of the European beech quasi-virgin forest in the Gorgan Mts.

Таблиця 2. Запаси мертвої деревини букового квазіпралісу Горган за ступенями розкладу та їх коливання

Table 2 Deadwood volume in the European beech quasi-virgin forest of the Gorgan Mts. by degrees of decomposition and their fluctuations

| Деревні види                                                  | За ступенями розкладання |            |            |                | Разом:     |
|---------------------------------------------------------------|--------------------------|------------|------------|----------------|------------|
|                                                               | початковий               | слабкий    | сильний    | гнила деревина |            |
| сухостій, м³·га <sup>-1</sup>                                 |                          |            |            |                |            |
| Бук лісовий                                                   | 0,17                     | 4,09       | 0,10       | –              | 4,36       |
| ±**                                                           | 0-5,42                   | 0,24-23,81 | 0-6,57     | 0-7,82         | 0,24-26,99 |
| Ялина європейська                                             | –                        | 0,09       | 0,88       | 2,81           | 3,77       |
| ±**                                                           | 0-2,11                   | 0-3,68     | 0,38-6,25  | 2,18-23,01     | 2,18-34,96 |
| Ялиця біла                                                    | 1,56                     | –          | –          | –              | 1,56       |
| ±**                                                           | 0-3,27                   | 0-3,83     | 0-4,37     | 0-7,24         | 0-15,43    |
| Всього:                                                       | 1,73                     | 4,18       | 0,98       | 2,81           | 9,69       |
| ±**                                                           | 0-8,66                   | 0,24-27,31 | 0-11,85    | 2,18-31,59     | 0,24-52,78 |
| коливання породного складу – 3-8Бкл2-5Яле0-3Яцб + Бп, Кля, Яс |                          |            |            |                |            |
| лежача деревина, м³/га                                        |                          |            |            |                |            |
| Бук лісовий                                                   | 9,72                     | 16,45      | 2,81       | –              | 28,98      |
| ±**                                                           | 3,88-19,34               | 6,53-28,46 | 0,72-8,22  | 0-3,54         | 4,56-53,26 |
| Ялина європейська                                             | 0,56                     | 2,06       | 27,55      | 10,88          | 41,05      |
| ±**                                                           | 0,22-4,81                | 0,46-8,77  | 5,69-38,50 | 2,39-14,76     | 3,27-49,60 |
| Ялиця біла                                                    | –                        | –          | 3,21       | 0,70           | 3,91       |
| ±**                                                           | 0-2,74                   | 0-3,05     | 0-5,20     | 0-3,87         | 0-9,37     |
| Всього:                                                       | 10,28                    | 18,51      | 33,57      | 11,58          | 73,94      |
| ±**                                                           | 4,10-22,63               | 8,20-32,71 | 6,41-43,91 | 2,39-19,04     | 8,15-98,76 |
| коливання породного складу – 3-6Бкл3-7Яле0-2Яцб + Бп, Ске     |                          |            |            |                |            |

Примітка. \*\* – ± – коливання показників за дослідними об'єктами.

У сухостій букового квазіпралісу Горган переважають дерева бука слабого ступеня розкладання – до 45% запасу, хоча на деяких дослідних об'єктах найбільшу частку має сухостій ялини четвертого ступеня розкладання (до 40%). Отже, на переважній більшості дослідних об'єктів відмирання букових дерев першого ярусу відбулося впродовж останнього десятиріччя, а в окремих випадках сталося всихання ялини 15 років назад (рис. 3).

Розподіл мертвої лежачої деревини букового квазіпралісу за ступенями розкладання свідчить про значне всихання тут ялини 15-20 років тому (до 45% запасу), але й також про всихання дерев бука з першого ярусу (до 33%) за останнє десятиріччя. Відзначимо, що у породному складі сухоїстою немає сосни кедрової європейської, а в мертвій деревині – клена-явора.

Аналіз процесу природного поновлення у буковому квазіпралісі Горган засвідчив достатню кількість підросту для відновлення корінного смереково-ялицево-букового деревостану –

~16 тис. шт./га зі складом 4Бкл3Яцб3Кля + Гор (табл. 3).



Рис. 3. Мертва деревина букового квазіпралісу Горган  
Fig. 3. Deadwood of the European beech quasi-virgin forest in the Gorgan Mts.

**Таблиця 3. Розподіл підросту букового квазіпралісу Горган за деревними видами та висотою**  
**Table 3. Distribution of the young growth in the European beech quasi-virgin forest of Gorgan Mts. by tree species and height**

| Деревний вид                                                    | Кількість підросту за висотними групами, шт./га |                      |                    | Разом, шт./га |
|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------|--------------------|---------------|
|                                                                 | дрібний (10-30 см)                              | середній (31-130 см) | великий (> 130 см) |               |
| Бук лісовий                                                     | 500                                             | 5700                 | 100                | 6300          |
| ±**                                                             | 100-2100                                        | 1400-11300           | 0-2300             | 1500-12400    |
| Ялиця біла                                                      | 1600                                            | 2500                 | 600                | 4700          |
| ±**                                                             | 400-3700                                        | 200-5300             | 400-2100           | 1000-9700     |
| Клен-явір                                                       | 4300                                            | 200                  | —                  | 4500          |
| ±**                                                             | 200-5700                                        | 0-1600               | 0-700              | 200-7200      |
| Ялина європейська                                               | —                                               | —                    | —                  | —             |
| ±**                                                             | 0-1400                                          | 0-900                | 0-500              | 0-2300        |
| Горобина звичайна                                               | 200                                             | —                    | —                  | 200           |
| ±**                                                             | 0-200                                           | 0-400                | 0-400              | 0-600         |
| Всього:                                                         | 6600                                            | 8400                 | 700                | 15700         |
| ±**                                                             | 700-11900                                       | 1600-18300           | 400-6300           | 1800-26400    |
| коливання породного складу – 3-7Бкл1-3Яцб1-3Кля0-1Ялє + Бп, Ілм |                                                 |                      |                    |               |

Примітка. \*\* ± – коливання показників за дослідними об'єктами.

Загалом видовий склад підросту букового квазіпралісу не повністю відповідає корінному складу деревостану через низьку кількість смерекового підросту. За висотними групами переважає середній підріст (заввишки 31-130 см) – 53% з коефіцієнтом варіації до 40%. Найменшу кількість обліковано великого підросту (заввишки більше 130 см) – 4% з коефіцієнтом варіації до 60%. У дрібному підрості найбільшу частку посідає клен-явір (до 70%). Всього у підрості представлено шість видів, але на всіх дослідних об'єктах

постійно присутні лише три – бук лісовий, ялиця біла та клен-явір. В середньому за висотою підрості найбільшою є частка бука (до 70%), а всього в ньому представлено шість деревних видів, однак на всіх дослідних об'єктах постійно присутні теж лише два – бук лісовий та ялиця біла. У великому підрості найбільшою є частка ялиці (до 90%), а всього у цій висотній групі представлено п'ять деревних видів, проте на всіх дослідних об'єктах постійно присутній лише один – ялиця біла (рис. 4).

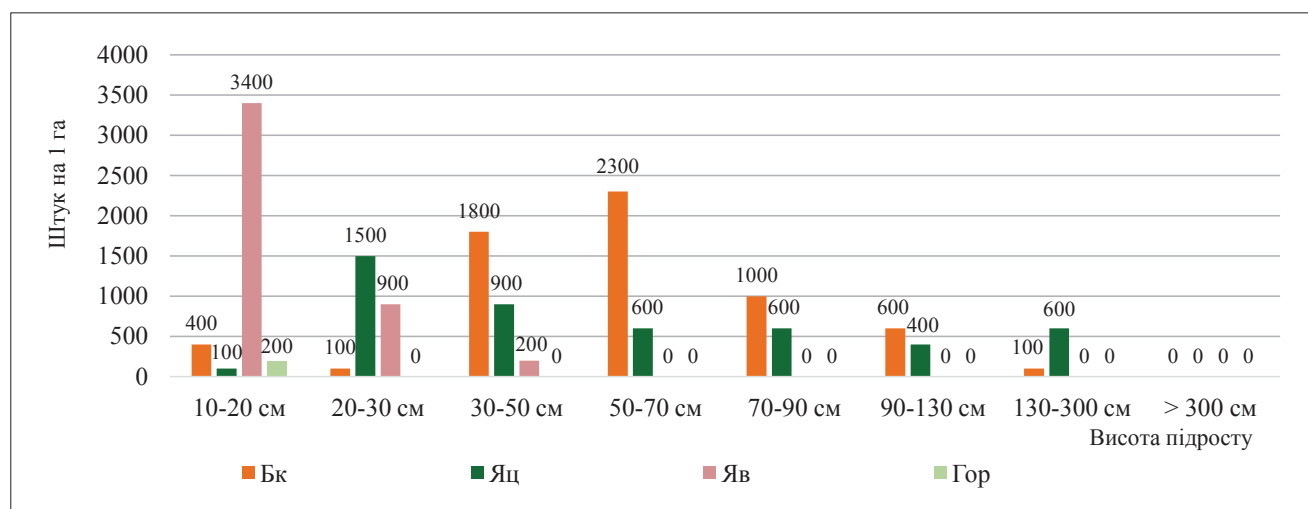


Рис. 4. Кількість підросту букового квазіпралісу за висотними групами

Fig. 4. The number of young growth trees in the European beech quasi-virgin forest stand in the Gorgan Mts. by height groups

У підліску букового квазіпралісу трапляються окремі кущі агрусу (*Ribes uva-crispa* L.), бузи-ни червоної (*Sambucus racemosa* L.), верби козячої (*Salix caprea* L.), жимолості чорної (*Lonicera nigra* L.) і калини звичайної (*Viburnum opulus* L.) до 1,0 м заввишки. Кущики в буковому квазіпралісі поширені в середньому на 10% території: малина звичайна (*Rubus idaeus* L.), ожина шорстка (*Rubus hirtus* Waldst. & Kit.) та чорниця звичайна (*Vaccinium myrtillus* L.).

Під час ідентифікації трав'яного вкриття у буковому квазіпралісі Горган виявлено 36 виключно місцевих видів (табл. 4), найбільш поширеними з яких є підмаренник запашний (*Galium odoratum* (L.) Scop.), анемона дібровна (*Anemone nemorosa* L.), барвінок малий (*Vinca minor* L.) і зеленчук жовтий (*Lamium galeobdolon* L.). До найбільш постійних представників трав'яного ярусу

у буковому квазіпралісі належать: підмаренник запашний (*Galium odoratum* L.), щитник чоловічий (*Dryopteris filix-mas* (L.) Schott), безщитник жіночий (*Athyrium filix-femina* (L.) Roth ex Mert.), костриця найвища (*Festuca altissima* All.), жовтозілля гайове (*Senecio nemorensis* L.), шавлія липка (*Salvia glutinosa* L.), зубниця залозиста (*Dentaria glandulosa* L.) та деякі інші види. Поодинокі або розсіяно у невеликій кількості трапляються такі види рослин: суниця лісова (*Fragaria vesca* L.), аконіт молдавський (*Aconitum moldavicum* Hacq.), зніт гірський (*Epilobium montanum* L.), вероніка гірська (*Veronica montana* L.) та світлячка гірська (*Adenostyles alliariae* Gouan) (див. табл. 4). Для базових десяти видів трав, які постійно трапляються на дослідних об'єктах, коефіцієнти варіації як за висотою, так і за їхньою участю у рослинній формациї перевищують 20%.

Таблиця 4. Видове різноманіття трав'яних рослин букового квазіпралісу Горган  
Table 4. Species diversity of vascular herbaceous plants in the European beech quasi-virgin forest of the Gorgan Mts.

| № з.п. | Вид                             | Середня висота, см | Участь в угрупованні |                 |
|--------|---------------------------------|--------------------|----------------------|-----------------|
|        |                                 |                    | % вкриття            | за Браун-Бланке |
| 1      | 2                               | 3                  | 4                    | 5               |
| 1.     | <i>Galium odoratum</i> L.       | 15                 | 11                   | 2               |
|        | коливання показників:           | 5-25               | 2-30                 | 1-3             |
| 2.     | <i>Anemonoides nemorosa</i> L.  | 15                 | 9                    | 2               |
|        | коливання показників:           | 10-15              | 5-40                 | 1-3             |
| 3.     | <i>Vinca minor</i> L.           | 10                 | 6                    | 2               |
|        | коливання показників:           | 10-20              | 1-20                 | 1-2             |
| 4.     | <i>Lamium galeobdolon</i> L.    | 20                 | 4                    | 1               |
|        | коливання показників:           | 10-20              | 1-10                 | +2              |
| 5.     | <i>Stachys sylvatica</i> L.     | 45                 | 3                    | 1               |
|        | коливання показників:           | 30-50              | 0-10                 | un-2            |
| 6.     | <i>Athyrium filix-femina</i> L. | 60                 | 2                    | 1               |
|        | коливання показників:           | 35-80              | 1-10                 | 1-2             |
| 7.     | <i>Senecio nemorensis</i> L.    | 70                 | 2                    | 1               |
|        | коливання показників:           | 50-110             | 1-10                 | +2              |
| 8.     | <i>Gentiana asclepiadea</i> L.  | 30                 | 2                    | 1               |
|        | коливання показників:           | 25-50              | 0-5                  | +1              |
| 9.     | <i>Salvia glutinosa</i> L.      | 40                 | 2                    | 1               |
|        | коливання показників:           | 35-60              | 1-5                  | +1              |
| 10.    | <i>Dryopteris filix-mas</i> L.  | 45                 | 2                    | 1               |
|        | коливання показників:           | 15-60              | 1-10                 | 1-2             |
| 11.    | <i>Geranium robertianum</i> L.  | 20                 | 1                    | 1               |
|        | коливання показників:           | 15-40              | 1-5                  | +1              |
| 12.    | <i>Ajuga reptans</i> L.         | 25                 | 1                    | 1               |
|        | коливання показників:           | 10-30              | 0-5                  | +1              |

| 1   | 2                                            | 3      | 4    | 5    |
|-----|----------------------------------------------|--------|------|------|
| 13. | <i>Stellaria nemorum</i> L.                  | 35     | 1    | 1    |
|     | коливання показників:                        | 10-30  | 0-10 | un-2 |
| 14. | <i>Cardamine bulbifera</i> L.                | 25     | 1    | 1    |
|     | коливання показників:                        | 20-40  | 0-5  | + -1 |
| 15. | <i>Cardamine glanduligera</i> O. Schwarz.    | 15     | 1    | 1    |
|     | коливання показників:                        | 10-25  | 1-10 | 1-2  |
| 16. | <i>Oxalis acetosella</i> L.                  | 7      | 1    | 1    |
|     | коливання показників:                        | 3-8    | 0-5  | + -1 |
| 17. | <i>Carex sylvatica</i> Huds.                 | 20     | 1    | 1    |
|     | коливання показників:                        | 10-25  | 0-5  | un-2 |
| 18. | <i>Lactuca muralis</i> L.                    | 45     | 1    | +    |
|     | коливання показників:                        | 30-50  | 0-5  | un-1 |
| 19. | <i>Viola reichenbachiana</i> Jord. ex Boreau | 7      | 1    | +    |
|     | коливання показників:                        | 5-10   | 0-3  | un-1 |
| 20. | <i>Phyteuma spicatum</i> L.                  | 40     | 1    | 1    |
|     | коливання показників:                        | 35-50  | 0-4  | un-1 |
| 21. | <i>Aconitum moldavicum</i> Hacq.             | 45     | 0    | +    |
|     | коливання показників:                        | 40-80  | 0-2  | un-1 |
| 22. | <i>Veronica montana</i> L.                   | 20     | 0    | +    |
|     | коливання показників:                        | 15-25  | 0-2  | un-1 |
| 23. | <i>Symphytum cordatum</i> Waldst.            | 30     | 0    | 1    |
|     | коливання показників:                        | 20-40  | 0-2  | un-2 |
| 24. | <i>Ranunculus lanuginosus</i> L.             | 50     | 0    | +    |
|     | коливання показників:                        | 30-60  | 0-2  | un-1 |
| 25. | <i>Epilobium montanum</i> L.                 | 35     | 0    | +    |
|     | коливання показників:                        | 30-50  | 0-1  | un-1 |
| 26. | <i>Solidago virgaurea</i> L.                 | 25     | 1    | +    |
|     | коливання показників:                        | 20-40  | 0-3  | un-1 |
| 27. | <i>Festuca altissima</i> All.                | 75     | 5    | 1    |
|     | коливання показників:                        | 55-100 | 0-10 | un-2 |
| 28. | <i>Polygonatum verticillatum</i> L.          | 30     | 2    | +    |
|     | коливання показників:                        | 20-40  | 0-4  | un-1 |
| 29. | <i>Euphorbia amygdaloides</i> L.             | 35     | 1    | +    |
|     | коливання показників:                        | 25-40  | 0-1  | un-1 |
| 30. | <i>Luzula luzuloides</i> Lam.                | 35     | 4    | 1    |
|     | коливання показників:                        | 30-50  | 1-8  | + -2 |
| 31. | <i>Sanicula europaea</i> L.                  | 25     | 4    | 1    |
|     | коливання показників:                        | 20-30  | 0-8  | + -2 |
| 32. | <i>Prenanthes purpurea</i> L.                | 55     | 1    | +    |
|     | коливання показників:                        | 5-10   | 0-3  | un-1 |

Продовж. табл. 4  
Continuation of Table 4

| 1   | 2                                  | 3     | 4   | 5    |
|-----|------------------------------------|-------|-----|------|
| 33. | <i>Adenostyles alliariae</i> Gouan | 65    | 1   | +    |
|     | коливання показників:              | 50-70 | 0-1 | un-1 |
| 34. | <i>Fragaria vesca</i> L.           | 15    | 1   | +    |
|     | коливання показників:              | 5-20  | 0-1 | + -1 |
| 35. | <i>Circaea alpina</i> L.           | 30    | 1   | +    |
|     | коливання показників:              | 20-40 | 0-2 | un-1 |
| 36. | <i>Actaea spicata</i> L.           | 50    | 1   | +    |
|     | коливання показників:              | 40-70 | 0-2 | un-1 |

За наявністю пошкоджень дерев буковий квазі-праліс Горган класифікується як помірно пошкоджений деревостан – середня для всіх деревних видів частка дерев з пошкодженнями складає 62%. Найбільше пошкоджених дерев обліковано в ялини (78%), найменше – в ялиці (42%); у бука і клена-явора, відповідно, 64 і 67%. Дереву берези, ільма та сосни кедрової, які представлені в буковому квазіпралісі поодинокими екземплярами, переважно всі мають пошкодження. Найчастіше в буковому квазіпралісі наявний такий вид пошкоджень, як сухі і зламані вершини дерев – 31% усіх пошкоджень, а всі види пошкоджень згруповані у вісім основних груп.

За видами пошкоджень у бука найчастіше виявлено пошкодження вершини, в ялиці та ялини – сухі сучки в кроні, в клена-явора – нахил стовбурів. У бука також часто трапляються нахили стовбурів, дупла, поперечний рак та розгалуження (дві і більше) вершин (табл. 5). Коливання частки пошкоджених дерев і різних видів пошкоджень за всіма дослідними об'єктами характеризується переважно коефіцієнтом варіації більше 25%, тобто мінливість кількості пошкоджень, як в загальному для деревостану, так і за окремими видами пошкоджень, є значною. Зазначимо, що 13% дерев мають більше одного виду пошкодження, і лише 1% дерев – три і більше види пошкоджень.

Таблиця 5. Види і частка пошкоджень дерев букового квазіпралісу Горган  
Table 5. Types and proportion of tree damages in the European beech quasi-virgin forest of the Gorgan Mts.

| Деревний вид      | Частка пошкоджень за видами*, % |      |      |      |      |       |      |      | Разом, % |
|-------------------|---------------------------------|------|------|------|------|-------|------|------|----------|
|                   | ≥2 в.                           | виг. | дуп. | нах. | п.р. | с.в.  | с.с. | тр.  |          |
| Бук лісовий       | 6,5                             | 3,9  | 9,1  | 14,3 | 6,5  | 27,3  | 2,6  | 5,2  | 75,3     |
| ±**               | 2-13                            | 0-7  | 2-16 | 4-20 | 3-9  | 14-37 | 0-6  | 2-11 | 46-93    |
| Ялиця біла        | –                               | –    | –    | 1,3  | 2,6  | 2,6   | 2,6  | 1,3  | 10,4     |
| ±**               | 0-2                             | –    | 0-4  | 0-7  | 1-6  | 1-8   | 1-14 | 0-5  | 3-12     |
| Ялина європейська | –                               | –    | –    | –    | –    | 1,3   | 7,8  | –    | 9,1      |
| ±**               | 0-1                             | –    | 0-1  | –    | 0-3  | 0-11  | 5-10 | 0-1  | 2-16     |
| Клен-явір         | 1,3                             | –    | –    | 3,9  | –    | –     | –    | –    | 5,2      |
| ±**               | 0-2                             | –    | 0-2  | 2-11 | –    | –     | 0-1  | 0-1  | 2-9      |
| Середнє, %        | 7,8                             | 3,9  | 9,1  | 19,5 | 9,1  | 31,2  | 13,0 | 6,5  | 100,0    |
| ±**               | 2-15                            | 0-7  | 2-19 | 6-38 | 4-18 | 15-53 | 6-23 | 2-17 | –        |

\* – види пошкоджень: ≥2 в. – дві і більше вершин; виг. – вигин стовбура; дуп. – дупло в стовбурі; нах. – нахил стовбура; с.в. – пошкоджена (суха, зламана тощо) вершина; п.р. – поперечний рак стовбура; с.с. – сухі сучки в живій кроні; тр. – тріщини кори; \*\* – ± – коливання показників за дослідними об'єктами.

У першому ярусі букового квазіпралісу виявлено всі вісім видів пошкоджень, а найпоширенішим видом пошкоджень є сухі сучки в кроні, дупла і тріщини стовбурів (19% кожний вид).

У дерев другого ярусу виявлено сім видів пошкоджень і найпоширеніший з них – це пошкоджені вершини (35%). У третьому ярусі зафіксовано шість видів пошкоджень, найпоширенішим

з яких є пошкоджені вершини (45%). Найбільше пошкоджених дерев бука у третьому ярусі (50%), тоді як в першому і в другому – їх частка досить подібна (25%).

Класи IUFRO дають можливість здійснити аналіз деревостану за ярусами, життєвістю, домінуванням в ярусі, функцією (лісівничою цінністю), товарністю і протяжністю крони. В буковому квазі-пралісі Горган ці класи переважно мають середні значення, але за дослідними об'єктами, деревними видами і ярусами виявлено суттєві відмінності (табл. 6). Коливання середніх значень класів за всіма дослідними об'єктами в більшості випадків має коефіцієнт варіації від 10 до 25%, тобто мінливість показників стану букового квазіпралісу, як цілого деревостану, так і за окремими ярусами і породами, є середньою. Виключення складають класи положення і протяжності крони у бука, лісівничої цінності і протяжності крони в ялиці, ярусності і життєвості в ялини, життєвості і протяжності крони у клена-явора – їх мінливість низька (коефіцієнт варіації менше 10%).

У першому ярусі букового квазіпралісу бук має: добру і найкращу для всіх трьох ярусів життєвість – середній клас 1,43; перевагу дерев нормального розвитку – середній клас 1,73; перевагу дерева з високою і найвищою для всіх трьох яру-

сів лісівничою цінністю – середній клас 4,27; високу і найкращу для всіх трьох ярусів товарність – середній клас 4,43; близьку до середньої протяжність крони – середній клас 4,77. У другому ярусі дерева бука мають переважно середню життєвість, середнє положення, добру лісгосподарську цінність, добру товарність і близьку до максимальної протяжність крони. В третьому ярусі бук переважно середньої життєвості, середнього положення, середньої з напрямом до поганой лісгосподарської цінності, середньої з напрямом до дров'яної товарності і близької до значної (найвище значення для всього деревостану) протяжності крони.

Загалом, усі деревні види у буковому квазіпралісі Горган ростуть переважно в другому ярусі, мають кращу за середню життєвість і краще за середнє положення; кращу за добру лісівничу цінність і кращу за добру товарність; близьку до довгої крону. За середніми значеннями класів IUFRO буковий квазіпраліс можна класифікувати так: багатоярусний з розладнаним першим, основним – другим та добре розвиненим – третім ярусом; нормального життєвості і високої життєвості в першому ярусі; вільного положення дерев в усіх ярусах; з перевагою корисних для формування природних лісів дерев; з перевагою напівділових дерев; з перевагою дерев з довгою кроною.

Таблиця 6. Середні класи IUFRO в деревостані букового квазіпралісу Горган

Table 5. Average IUFRO classes in the European beech quasi-virgin forest of the Gorgan Mts.

| Порода*           | Середні значення класів IUFRO |            |                   |                       |            |                   |
|-------------------|-------------------------------|------------|-------------------|-----------------------|------------|-------------------|
|                   | ярус                          | життєвість | положення в ярусі | функції в деревостані | товарність | протяжність крони |
| Бук лісовий       | 2,06                          | 1,90       | 1,93              | 4,83                  | 4,94       | 4,46              |
| ±**               | 1,4-2,2                       | 1,2-2,4    | 1,6-2,2           | 4,4-5,3               | 4,5-5,2    | 4,1-4,8           |
| Ялиця біла        | 2,13                          | 2,00       | 1,88              | 4,50                  | 4,56       | 4,25              |
| ±**               | 1,7-2,8                       | 1,3-2,1    | 1,7-2,5           | 4,2-4,9               | 4,1-5,3    | 4,1-4,8           |
| Ялина європейська | 1,88                          | 2,25       | 1,75              | 5,13                  | 4,38       | 4,38              |
| ±**               | 1,7-2,1                       | 1,9-2,5    | 1,5-2,1           | 4,6-5,4               | 4,0-4,5    | 4,1-4,7           |
| Клен-явір         | 1,83                          | 1,33       | 2,00              | 4,67                  | 5,20       | 5,50              |
| ±**               | 1,7-2,2                       | 1,0-1,4    | 1,6-2,2           | 4,3-5,0               | 4,8-5,7    | 5,2-5,8           |
| Середнє:          | 2,04                          | 1,91       | 1,91              | 4,80                  | 4,80       | 4,48              |
| ±**               | 1,5-2,6                       | 1,3-2,3    | 1,6-2,4           | 4,3-5,2               | 4,3-5,1    | 4,2-5,0           |

\* – умовні позначення порід: Бкл – бук лісовий, Яв – явір, Яле – ялина європейська, Яцб – ялиця біла; \*\* – ± – коливання показників за дослідними об'єктами.

**Дискусія.** Результати досліджень свідчать, що до 200 років умовно-різновіковий мішаний деревостан букового квазіпралісу Горган в умовах вологої смереково-ялицевої субучини має добрий ріст у висоту (I бонітет) і за діаметром, високий

запас деревини (більше 900 м<sup>3</sup>·га<sup>-1</sup>), високу повноту (0,98) і малий запас сухостою, що дуже сильно відрізняється від даних базового лісовпорядкування – особливо щодо запасу деревини (967 проти 340 м<sup>3</sup>·га<sup>-1</sup>). І важливо розуміти, що практично всі

дослідники пралісових і квазіпралісових екосистем (Шпарик та ін., 2010; Commarmot et al., 2013; Стойко, 2018; Шпарик та ін., 2021) наводять близькі до отриманих нами лісівничо-таксаційні показники таких деревостанів, зокрема і щодо запасу ростучої деревини.

Дисонує з природними закономірностями розвитку пралісів малий запас сухостійної деревини в букових квазіпралісах Горган і найімовірнішим поясненням цього факту є недостатньо високий вік дерев бука у першому ярусі (менше 190 років), який в таких умовах не є віком природної стиглості і тому масового відмирання бука не спостерігається, а всихають окремі найбільш старі і/або пошкоджені стовбури ялини і бука. Зате запас мертвої лежачої деревини вже дуже близький до результатів інших досліджень букових пралісів (Gao et al., 2015; Шпарик та ін., 2021; Zeller et al., 2023; Nabuurs et al., 2024), але також з незначним відхиленням – більшу частину цього запасу формує мертва деревина смереки, а не бука. Це пояснюється високою конкурентоздатністю смереки в таких умовах та значно меншим віком її природної стиглості порівняно з буком.

Поряд з цим, у підрості букового квазіпралісу Горган смерека переважно відсутня, хоча відповідно до типу лісу підріст цієї породи повинен би бути, і на окремих дослідних об'єктах у незначній кількості вона була ідентифікована. Пояснюємо це складною структурою деревостанів на більшості дослідних об'єктів (три яруси, повнота близька до 1,0, наявність ялиці в складі), масовим всиханням ялинових лісів за останні роки та відносно низькою тінювитривалістю підросту смереки. Стосовно природності інших ярусів букового квазіпралісу (підлісок, трав'яне вкриття, підстилка, ґрунт) питань не виникає і суперечностей з наявною науковою інформацією про них також немає (Гамор, 2013; Стойко, 2018; Jahed et al., 2020; Шпарик та ін., 2021; Nabuurs et al., 2024).

Детальний аналіз різноманіття трав потребує додаткового обговорення з погляду відсутності на окремих дослідних об'єктах у буковому квазіпралісі Горган таких видів, як зірочник гайовий (*Stellaria nemorum* L.), осока лісова (*Carex sylvatica* Huds.), живокіст сердцелистий (*Symphytum cordatum* Waldst. et Kit. ex Willd.), купина кільчаста (*Polygonatum verticillatum* L.) і підлісник європейський (*Sanicula europaea* L.). Вірогідно, відсутність таких типових для бучин трав пояснюється специфічними ґрунтовими умовами Горган.

Аналіз здійснених на дослідних об'єктах лісівничих заходів дає підставу стверджувати про їх задокументовану відсутність більше 30 років, а про більш ранні заходи (переважно рубки догляду) наявна лише усна інформація. Це означає, що стан букових квазіпралісів уже більше 30 років визначають природні чинники і це підтверджують складна розмірна та вікова структура деревостанів, відсутність інвазійних видів та зумовленість практично

всіх пошкоджень природними чинниками (стихійні явища, особливості вікової динаміки основних видів та природних змін структури при старінні). І хоча майже 2/3 дерев на дослідних об'єктах мають пошкодження, але за класами IUFRO їх деревостани загалом класифікуються як нормальної і високої життєвості у першому ярусі, вільного положення дерев у всіх ярусах і з перевагою дерев з довгими кронами, які є індикаторами доброї стійкості (Шпарик та ін., 2010; Commarmot et al., 2013; Nabuurs et al., 2024).

**Висновки.** За отриманими на дослідних об'єктах результатами структура букового квазіпралісу Горган – це складний мішаний триярусний різновіковий смереково-ялицево-буковий корінний деревостан, який має високу продуктивність (І клас бонітету), нормальну повноту, високий запас ростучої деревини, низький запас сухостійної деревини, значний запас мертвої лежачої деревини, високу частку дерев з пошкодженнями, домінування пошкоджень крони (сухі сучки та пошкоджені вершини), близькі до середніх значення класів IUFRO (дерева ростуть переважно у другому ярусі, мають трохи кращу за середню життєвість і трохи краще за середнє положення; трохи кращу за добру лісівничу цінність і трохи кращу за добру товарність; близьку до довгої крону) і успішне природне поновлення.

Фіторізноманіття букового квазіпралісу формується 51 видом судинних рослин, з яких: сім видів – це дерева, п'ять – чагарники, три – чагарнички, 36 видів – трави. Наведений перелік видів судинних рослин, які формують буковий квазіпраліс, є типовим для цієї природної екосистеми, а поширення цих видів і його коливання за дослідними об'єктами дає підставу класифікувати цю рослинну асоціацію за еколого-домінантною класифікацією як «смереково-ялицеву бучину підмаренкову» (*Piceeto (abietis)-Abieto (albae)-Fagetum (sylvaticae) galium (odorati)*), а природне оселище – G1.6 «Букові ліси».

Низький запас сухостійної деревини у буковому квазіпралісі Горган зумовлений поки що низьким віком для початку масового всихання (розладнання) деревостану, а значний запас мертвої лежачої деревини – відсутністю лісівничих заходів (рубок) вже більше 30 років. Наявні пошкодження дерев значною мірою обмежують ріст окремих дерев і призводять до їх поступового всихання, але суттєво не впливають на ріст і розвиток деревостану загалом.

Природне поновлення у буковому квазіпралісі Горган забезпечує наявність достатнього підросту (~16 тис. шт./га з породним складом 4Бкл3Яцб-3Кля + Гор) для підтримання сталого розвитку деревостану, але низька кількість смерекового підросту дає підставу зробити припущення про її вірогідну відсутність у складі деревостану через 30-50 років.

## Список літератури (References)

- Гамор, Ф.Д. (2013). Щодо українського внеску у справу збереження та вивчення букових пралісів Європи. *Букові праліси та давні букові ліси Європи: проблеми збереження та сталого використання: матеріали Міжнарод. наук.-практ. конф., м. Рахів, 16-22 вересня 2013 р. Ужгород: Ужгородська міська друкарня*, 58-65. [Hamor, F.D. (2013). Regarding the Ukrainian contribution to the preservation and study of European beech forests. In *Primeval and Ancient Beech Forests of Europe: Problems of Protection and Sustainable: Proceedings of International Scientific and practical Conference*, 58-65. Rakhiv, September 16-22. Uzhgorod: Uzhgorod City Printing House. Retrieved from <http://cbr.nature.org.ua/conf2013/conf2013.pdf>] (in Ukrainian)
- Гром, М.М. (2013). Лісовпорядкування. Львів: НЛТУ України. [Grom, M.M. (2013). *Forest Inventory*. Lviv: Ukrainian National Forestry University] (in Ukrainian)
- Мельник, В.І. (2022). Про причини острівної локалізації букових лісів на східній межі ареалу. *Праці Національної академії наук України*, 4, 87-97. [Melnyk, V.I. (2022). About the reasons for the insular localization of beech forests on the eastern border of their areal. *Reports of the National Academy of Sciences of Ukraine*, 4, 87-97. <https://doi.org/10.15407/dopovid2022.04.087>] (in Ukrainian)
- Миронюк, В.В., Свинчук, В.А., Білоус, А.М., Васи́лишин, Р.Д. (2019). *Лісова таксація*. Київ: НУБіП України. [Myronyuk, V.V., Svyinchuk, V.A., Bilous, A.M., & Vasylyshyn, R.D. (2019). *Forest Measurement*. Kyiv: National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine] (in Ukrainian)
- Стойко, С.М. (2018). Екологія, ценотична гетерогенність формації бука лісового в Україні та збереження пралісових екосистем. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 17, 149-157. [Stoyko, S.M. (2018). Ecology, coenotic heterogeneity of forest beech formation in Ukraine and preservation of primeval forest ecosystems. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 17, 149-157. <https://doi.org/10.15421/411830>] (in Ukrainian)
- Шпарик, Ю., Коммармот, Б., Беркела, Ю. (2010). *Структура букового пралісу Українських Карпат*. Снятин: Прутпринт. [Shparyk, Y., Commarmot, B., & Berkela, Y. (2010). *Structure of the Ukrainian Carpathians beech virgin forest*. Snjatyn: Prut-prynt] (in Ukrainian)
- Шпарик, Ю.С., Лосюк, В.П., Плига, А.М. (2021). Стан і структура пралісів Українських Карпат за результатами моніторингу. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 22, 77-88. [Shparyk, Y., Losyuk, V., & Plyha, A. (2021). The state and structure of virgin forests in the Ukrainian Carpathians according to the monitoring results. *Proceedings of the Forestry Academy of Science of Ukraine*, 22, 77-88. <https://doi.org/10.15421/412106>] (in Ukrainian)
- Arroyo-Rodríguez, V., Fahrig, L., Tabarelli, M., Watling, J.I., Tischendorf, L., ... Leal, I.R. (2020) Designing optimal human-modified landscapes for forest biodiversity conservation. *Ecology letters*, 23(9), 1404-1420. <https://doi.org/10.1111/ele.13535>
- Asbeck, T., Großmann, J., & Paillet, Y. (2021). The Use of Tree-Related Microhabitats as Forest Biodiversity Indicators and to Guide Integrated Forest Management. *Current Forestry Reports.*, 7, 59-68. <https://doi.org/10.1007/s40725-020-00132-5>
- Bae, S., Levick, S.R., & Heidrich, L. (2019). Radar vision in the mapping of forest biodiversity from space. *Nature Communications*, 10, 4757. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-12737-x>
- Braun Blanquet, J. (1964). *Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde*. Springer, Wien.
- Commarmot, B., Brändli, U.-B., Hamor, F., & Lavnyy, V. (2013). *Inventory of the Largest Primeval Beech Forest in Europe*. Birmensdorf, L'viv, Rakhiv.
- Corona, P., Chirici, G., McRoberts, R.E., Winter, S., & Barbati, A. (2011). Contribution of large-scale forest inventories to biodiversity assessment and monitoring. *Forest Ecology and Management*, 262(11), 2061-2069. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.08.044>.
- Cosyns, H., Joa, B., & Mikoleit, R. (2020). Resolving the trade-off between production and biodiversity conservation in integrated forest management: comparing tree selection practices of foresters and conservationists. *Biodiversity Conservation*, 29, 3717-3737. <https://doi.org/10.1007/s10531-020-02046-x>
- Felton-Biber, P.A., Nieuwenhuis, M., Lindbladh, M., Black, K., Bahýl', J., ... Tuček, J. (2020). Forest Biodiversity, Carbon Sequestration, and Wood Production: Modeling Synergies and Trade-Offs for Ten Forest Landscapes Across Europe. *Frontiers Ecology Evolution*, 8, 547696. <https://doi.org/10.3389/fevo.2020.547696>
- Gao, T., Nielsen, A.B., & Hedblom, M. (2015). Reviewing the strength of evidence of biodiversity indicators for forest ecosystems in Europe. *Ecological Indicators*, 57, 420-434. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.05.028>
- Gustafsson, L., Bauhus, J., & Asbeck, T. (2020). Retention as an integrated biodiversity conservation approach for continuous-cover forestry in Europe. *Ambio*, 49, 85-97. <https://doi.org/10.1007/s13280-019-01190-1>
- Hill, S.L.L., Arnell, A., Maney, C., Butchart, S.H.M., Hilton-Taylor, C., ... Burgess, N.D. (2019). Measuring Forest Biodiversity Status and Changes Globally. *Frontiers in Forests and Global Change*, 2. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2019.00070>
- IPBES (2019). *Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental*

Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Bonn, Germany. 1148. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3831673>

Jahed, R.R., Kavousi, M.R., Farashiani, M.E., Sagheb-Talebi, K., Babanezhad, M., ... Larrieu, L. (2020). A Comparison of the Formation Rates and Composition of Tree-Related Microhabitats in Beech-Dominated Primeval Carpathian and Hyrcanian Forests. *Forests*, 11, 144. <https://doi.org/10.3390/f11020144>

Jaureguiberry, P., Titeux, N., Wiemers, M., Bowler, D.E., Coscieme, L., ... Settele, J. (2022). The direct drivers of recent global anthropogenic biodiversity loss. *Science Advances*, 8, 9982. <https://doi.org/10.1126/sciadv.abm9982>

Karger, D.N., Kessler, M., & Lehnert, M. (2021). Limited protection and ongoing loss of tropical cloud forest biodiversity and ecosystems worldwide. *Nature Ecology & Evolution*, 5, 854-862. <https://doi.org/10.1038/s41559-021-01450-y>

Köhl, M. (2004). *Forest Inventory and Monitoring*. In: Encyclopedia of Forest Sciences, Elsevier, 403-409. <https://doi.org/10.1016/B0-12-145160-7/00154-X>

Müller, J., & Büttler, R. (2010). A review of habitat thresholds for dead wood: a baseline for management recommendations in European forests. *European Journal of Forest Research*, 129, 981-992. <https://doi.org/10.1007/s10342-010-0400-5>

Nabuurs, G.J., Begemann, A., Linser, S., Paillet, Y., Pettenella, D., ... Ermgassen, S. (2024). Sustainable finance and forest biodiversity criteria. *From Science to Policy*, 16. European Forest Institute. <https://doi.org/10.36333/fs16>

Oettel, J., Braun, M., Hoch, G., Connell, J., Gschwanner, T., ... Gossner, M.M. (2022). Rapid assessment of feeding traces enables detection of drivers of saproxylic insects across spatial scales. *Ecological Indicators*, 145, 09742. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109742>

Xofis, P., Kefalas, G., & Poirazidis, K. (2023). Biodiversity and Conservation of Forests. *Forests*, 14, 1871. <https://doi.org/10.3390/f14091871>

Viljur, M.-L., Scott, R.A., Adámek, M., Batista, J., Alencar, R., ... Barber, N.A. (2022). The effect of natural disturbances on forest biodiversity: an ecological synthesis. *Biological Reviews*, 97(5), 1930-1947. <https://doi.org/10.1111/bvr.12876>

UNEP, FAO. (2020). *The State of the World's Forests 2020: Forests, Biodiversity and People*, FAO: Rome, Italy. Retrieved from <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/dfb12960-44ee-4ddc-95f7-bec93fbb141e/content>

Zeller, L., Förster, A., Keye, C., Meyer, P., Roschak, C., ... Ammer, C. (2023). What does literature tell us about the relationship between forest structural attributes and species richness in temperate forests? *Ecological Indicators*, 153, 110383. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110383>

## European Beech (*Fagus sylvatica* L.): Quasi-Virgin Forest Stand of the Gorgany Mts.: Structure, Vascular Plants Diversity, Health Conditions

Y. Shparyk<sup>1</sup>, I. Danylyk<sup>2</sup>, O. Kuzyarin<sup>3</sup>,  
I. Senchak<sup>4</sup>, N. Kruk<sup>5</sup>

The basic priority in the activities of the institutions of the nature reserve fund of Ukraine is the natural ecosystems' biodiversity preservation, and its implementation should ensure the restoration of their natural structure and the prevention of invasive species' penetration into ecosystems and the fight against them. In the Gorgany Mts. (Ukrainian Carpathians), all PZF institutions are located in the forest fund, and the virgin and quasi-virgin forests are standards of the natural structure, condition and vascular plants diversity for local ecosystems. Therefore, the study of the structure, diversity of vascular plants and health conditions of European beech quasi-virgin forests will provide an opportunity to develop environmental protection measures for restoring the biodiversity of the local beech forests. 14 experimental plots in the Gorgany beech quasi-virgin forests were studied in moist fairly fertile conditions of Norway spruce (*Picea abies*) – Silver fir (*Abies alba*) – European beech forest type in the territory of the Syniohora NNP.

The studies were carried out using traditional forest inventory methods in permanent and temporary experimental plots. The vascular plants were identified using the collections of the Carpathian Ecology Institute and the State Natural History Museum of the National Academy of Sciences of Ukraine. It has

<sup>1</sup> Yuriy Shparyk – Corresponding Member of the Forestry Academy of Science of Ukraine, Doctor of Agricultural Sciences, Head of the Scientific Department of the Syniohora NNP, 4 Zarichna st., Stara Guta, Ivano-Frankivsk region, 77745, Ukraine. Tel.: +38-0342-55-81-32. E-mail: yuriy.shparyk@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8047-6356>

<sup>2</sup> Ivan Danylyk – Full Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Institute of Ecology of the Carpathians of the National Academy of Science of Ukraine, 4 Kozelnytska st., Lviv, 79026, Ukraine, Tel.: +38-0322-70-34-30. E-mail: idanylyk@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5779-4778>

<sup>3</sup> Oleksandr Kuzyarin – PhD in Biological Sciences, Senior Researcher of the State Museum of Natural History of the National Academy of Science of Ukraine, 18 Teatralna st., Lviv, 79008, Ukraine, Tel.: +38-0322-35-69-17. E-mail: kuzyarin@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7728-3665>

<sup>4</sup> Ivan Senchak – Master of Ecology, Junior Researcher of the Syniohora NNP, 4 Zarichna st., Stara Guta, Ivano-Frankivsk region, 77745, Ukraine. Tel.: +38-0342-55-81-32. E-mail: ivansenchak12@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-0161-7904>

<sup>5</sup> Nazar Kruk – Master of Forestry, Head of Syvulya Department of the Syniohora NNP, 4 Zarichna st., Stara Guta, Ivano-Frankivsk region, 77745, Ukraine. Tel.: +38-0342-55-81-32. E-mail: naz.kruk83@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-5264-5062>

been established that the 190-year-old beech quasi-virgin forests of Gorgan are 3-storeyed spruce-fir-beech (Norway spruce – Silver fir – European beech) primary uneven-aged stands with the following parameters: high productivity; normal number of trees; a large stock of growing timber; a low stock of dead-standing trees; a significant stock of dead down trees; a large proportion of trees with damaged crowns; close to the average values of IUFRO classes; successful natural regeneration. The coefficient of variation of these parameters ranges from 50% for the number of trees, 15% for average height of stands, and their variability is, in general, significant. The first storey of these forests is a spruce-fir-beech stand with seven trees species, which has the following average parameters: age  $\approx 190$  years, the number of trees  $\approx 170 \text{ ha}^{-1}$ , diameter  $\approx 62 \text{ cm}$ , height  $\approx 35 \text{ m}$ , the total basal area  $\approx 50 \text{ m}^2/\text{ha}$ , the volume of live trees  $\approx 760 \text{ m}^3/\text{ha}$ , the volume of dead-standing trees  $\approx 4 \text{ m}^3/\text{ha}$ , the proportion of damaged trees (mainly trunks)  $\approx 56\%$ .

The second storey is also a spruce-fir-beech stand, but with six species and with significantly lower parameters, especially diameter ( $\approx 35 \text{ cm}$ ) and the volume of live trees  $\approx 160 \text{ m}^3/\text{ha}$ . The third storey is similar to the second one, but with even lower average parameters, especially the volume of live trees  $\approx 40 \text{ m}^3/\text{ha}$ . The exception is the number of trees in

the third storey – it is the largest than in all the other storeys since the distribution of trees by diameter in quasi-virgin forests has a descending character. The stock of dead-standing trees is formed mainly by beech with the participation of spruce, and the stock of dead down trees is formed by spruce with the participation of beech. The number of viable natural regeneration is 15.7 thousand pcs/ha and is almost equally divided between European beech, sycamore and silver fir. The vascular plants diversity of these forests is formed by 51 species: 7 species of trees, 5 – shrubs, 3 – subshrubs, 36 – herbs. The variability of the height of grasses and their share in the plant association is average ( $v > 20\%$ ).

The identified characteristics of the structure, health conditions and the list of vascular plants that form the Gorgan beech quasi-virgin forests are recommended for the identification of the *Piceeto (abietis) – Abieto (albae) – Fagetum (sylvaticae) galium (odorati)* plant association and for the development of necessary environmental protection measures in the European beech forests of moist spruce-fir fairly fertile beech forest type.

**Key words:** Ukrainian Carpathians; spruce-fir-beech plant association; storeys; vitality; marketability; forestry value; crown length; dead-standing trees; dead down trees; damages; vascular plants.

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



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

<http://fasu.nltu.edu.ua>  
<https://doi.org/10.15421/412418>  
Article received 2024.02.12  
Article accepted 2024.10.18

ISSN 1991-606X print  
ISSN 2616-5015 online  
@ ✉ Correspondence author  
Svitlana Raspopina  
[s\\_raspopina@ukr.net](mailto:s_raspopina@ukr.net)

86 Hryhoriy Skovoroda st., Kharkiv, 61024, Ukraine

УДК 630\*23:633.94 (292.485:477.5)

#### Оцінювання перспектив вирощування лісових культур модрина європейської в умовах Східного Лісостепу України

С.П. Распопіна<sup>1</sup>, М.М. Діденко<sup>2</sup>

Проведено порівняльний аналіз умов вирощування і стану лісових культур інтродукованого виду – модрина європейської з культурами сосни звичайної, як аборигенного виду та одного з основних лісоутворювачів в Україні, створених у 2002 р. в урочищі «Задонецький бір» Державного підприємства «Зміївське лісове господарство» (нині – філія «Зміївське лісове господарство» Державного підприємства «Ліси України») у лісостеповій частині Харківської області. Монокультури модрина європейської створено на чорноземі вилугуваному легкосуглинистому на лесоподібних суглинках. Товщина його гумусового горизонту (H) становить 37 см, а товщина шару з вираженою гумусованістю (H+Hr+PH) досягає 70 см. Ґрунт формує свіжі грудкові умови (D<sub>2</sub>). Монокультури сосни звичайної створені на дернових опідзолених глинисто-піщаних ґрунтах на давньоалювіальних пісках, товщина гумусового горизонту яких становить 28 см. Ці ґрунти формують свіжі суборові умови (B<sub>2</sub>), які є типовими сосновими місцезростаннями регіону.

З'ясовано, що через чотири-п'ять років після створення, склад усіх досліджених насаджень починає змінюватися. У культурах модрина природним шляхом з'являється робінія звичайна, в культурах сосни – береза повисла, які згодом, поряд з головними породами, формують верхній ярус насаджень. На сьогодні питомі частки робінії та берези у складі насаджень становлять по 10%. 22-річні дерева верхнього ярусу, не залежно від лісорослинних умов, характеризуються високою енергією росту: головні породи – модрина та сосна ростуть за I<sup>b</sup> класом бонітету, супутні – за I<sup>a</sup> (береза) та I<sup>c</sup> класами (робінія). Зафіксоване значне природне зрідження (всихання) модрина, яке, ймовірно, відбулося через несвоєчасне проведення лісівничих заходів, зокрема рубок догляду, унаслідок чого санітарний стан насадження відповідає категорії «дуже ослаблені» (Iс – 3,4). Насадження сосни звичайної не має ознак всихання та ідентифікується як «здорове» (Iс – 1,4). Дослідження

<sup>1</sup> Распопіна Світлана Петрівна – академік Лісівничої академії наук України, доктор сільськогосподарських наук, завідувачка лабораторії лісового ґрунтознавства УкрНДІЛГА ім. Г.М. Висоцького, вул. Григорія Сковороди, 86, м. Харків, 61024, Україна; доцент кафедри лісових культур, меліорацій та садово-паркового господарства, Державний біотехнологічний університет, Алчевських, 44, м. Харків, 61002, Україна. E-mail: [s\\_raspopina@ukr.net](mailto:s_raspopina@ukr.net) ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1880-9364>

<sup>2</sup> Діденко Максим Михайлович – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри лісових культур, меліорацій та садово-паркового господарства, Державний біотехнологічний університет, Алчевських, 44, м. Харків, 61002, Україна. E-mail: [didenko\\_maxim@ukr.net](mailto:didenko_maxim@ukr.net) ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1880-9364>

щодо перспектив впровадження модрина європейської, як культури плантаційного типу у лісгосподарські підприємства Харківщини, необхідно продовжити.

**Ключові слова:** *Larix decidua* Mill.; *Pinus silvestris* L.; порівняльний аналіз; лісорослинні умови; клас бонітету; індекс санітарного стану.

**Вступ (Introduction).** Заготівля і виробництво лісової продукції займають значне місце у світовій промисловості, хоча й становлять лише 3% світового валового продукту. Галузі лісової промисловості (целюлозно-паперова, деревообробна, будівельна й гірничодобувна) здебільшого базуються на двох видах сировини – деревині хвойних і листяних порід, на вирощування яких спрямоване ведення лісового господарства. Водночас, останніми десятиліттями у світі з'являється новий перспективний напрям лісовирощування – прискорене (промислове) цільове вирощування лісової продукції, що передбачає якісне відтворення лісових насаджень у найкоротші терміни (Дебринюк, 2007). Складовою його частиною є плантаційне лісовирощування, яке базується на високому рівні ведення лісового господарства, яке досягається комплексним поліпшенням факторів росту деревостанів. Серед цих факторів особливу увагу приділено максимальному використанню природного потенціалу ґрунту та його підвищенню шляхом застосування низки меліорацій (агрохімічної, біологічної, гідротехнічної), запровадження досягнень лісової селекції й генетики, що загалом дає змогу скоротити оборот рубки до 41-60 та менше років. Високі світові ціни на традиційні енергоносії з викопних видів палива, а також спільна політика країн-членів ЄС та України щодо запобігання потеплінню клімату, спонукали ширше використання відновлюваних джерел енергії – вітрової, сонячної, енергії рослинної, зокрема й деревної біомаси (Державна стратегія..., 2022; Про альтернативні джерела енергії, 2003).

Для лісодефіцитної держави, якою й є Україна, запровадження технології промислового вирощування цільової лісової продукції, зокрема енергетичної, є стратегічним завданням. Його вирішення ґрунтується на доволі сприятливих лісорослинних умовах території країни, а також її великому лісокультурному досвіді й значному науковому і виробничому потенціалі (Маурер та ін., 2019; Дебринюк, Фучило, Белеля, 2019; Raspopina, Debryniuk, & Nayda, 2020). На думку Ю. М. Дебринюка (2007), плантаційне лісовирощування в Україні не має альтернативи та спрямовує розвиток лісової галузі від екстенсивної до інтенсивної форми господарювання. Відповідно, це актуалізує розроблення комплексних державних і регіональних програм з вирощування високопродуктивних насаджень з коротким оборотом рубки задля отримання як промислових сортиментів, так і енергетичної сировини (Дебринюк та ін., 2019).

Одним із найперспективніших лісових деревних видів для плантаційного лісовирощуван-

ня в Європі є модрина європейська (*Larix decidua* Mill.), яка характеризується значною швидкорослістю та продуктивністю, цінною деревиною, морозо- і посухостійкістю, є реальною альтернативою всихаючим насадженням ялини європейської в умовах наростаючої посушливості клімату (Eilmann, & Rigling, 2012; Da Ronch et al., 2016; Cukor et al., 2020; Boruszewski et al., 2021; Zeidler et al., 2022; Qu, L. et al., 2022, Jankowska, Sagan, & Potocki, 2023; Camarero et al., 2024). Модрина європейська також вирізняється високою адаптивною здатністю до природних умов та є певною мірою піонерною породою, що дає змогу ефективно її вирощувати не лише на лісових, але й на землях, порушених видобутком корисних копалин і територіях, що вийшли з-під сільськогосподарського вжитку (Da Ronch et al., 2016; Pająk et al., 2023).

Величезний ареал поширення модрина від мішаних лісів Західної і Північної Європи до Карпат зумовлений вдалим комплексом її біологічних властивостей. Так, дерево володіє потужною кореневою системою, яка дає змогу йому успішно рости у широкому спектрі несприятливих едафічних умов – як на перезволожених ґрунтах, зокрема місцях з близькою до поверхні вічною мерзлотою, так і на сухих скелетних ґрунтах гірських регіонів (Da Ronch et al., 2016). У таких умовах модрина росте повільно та має вигляд низькорослих дерев або набуває чагарникової форми. Найоптимальнішими для цього деревного виду є автоморфні супіщані або суглинисті свіжі та вологі ґрунти. При цьому модрина є вкрай світлолюбною рослиною і в затіненні може припинити ріст. У менш сприятливих природних умовах вона, зазвичай, формує чисті насадження, а з покращенням ґрунтово-кліматичних і гідрологічних факторів, разом з ялиною, ялицею, березою та іншими породами, формує мішані ліси (Da Ronch et al., 2016).

Модрина європейська становить інтерес щодо забезпечення потреб промисловості у швидкій деревині не тільки у країнах Європи, вона також має значні перспективи культивування і в Україні (Дебринюк, 2007; Дебринюк, Криницький, Целень, 2016; Дебринюк, Фучило, Белеля, 2019). Так, в умовах Західного Лісостепу нагромаджений чималий досвід вирощування лісових культур модрина європейської (Дебринюк, 2007; Белеля, Дебринюк, 2017; Дебринюк та ін., 2019; Debryniuk et al., 2022). Втім, значне різноманіття лісорослинних умов України дає змогу розширити ареал її використання (Лось та ін., 2018; Debryniuk et al., 2022). Комплексними дослідженнями С. А. Лось та ін. (2018) щодо перспектив використання видів і гібридів модрина у ґрунтових і сугрунтових едафотоплах

Лісостепу встановлено, що на Харківщині через посушливіший вегетаційний період, модрина європейська має дещо гірші показники росту, ніж на Вінниччині й Сумщині.

Для природних умов Східного Лісостепу України найоптимальнішим (за своїми екологічними, біологічними, лісівничими властивостями) деревним видом для плантаційного лісовирощування є сосна звичайна (*Pinus sylvestris* L.). Водночас, зважаючи на визнану народногосподарську й лісівничу цінність модрини європейської, її високу пластичність і стійкість до екологічних умов, дослідження щодо перспектив її вирощування у цьому регіоні є доволі актуальними.

**Мета дослідження** – вивчити едафічні умови й стан лісових культур модрини європейської та оцінити перспективи їхнього вирощування у Східному Лісостепу України на прикладі Харківської області.

**Об'єкти та методичні підходи (Objects and methodological approaches).** Об'єкт дослідження – лісові насадження модрини європейської та сосни звичайної в умовах Харківської області. Предмет дослідження – оцінювання стану лісових культур модрини європейської щодо її впровадження у систему плантаційного лісовирощування у Східному Лісостепу України.

Задля оцінювання перспектив використання модрини європейської у системі плантаційного лісовирощування застосували порівняльно-екологічний підхід, порівнюючи лісові культури інтродукованого виду – модрини європейської з культурами сосни звичайної, як аборигенного виду та одного з основних лісоутворювачів в Україні.

Дослідження лісівничо-таксаційних показників деревостанів модрини та сосни й оцінювання санітарного стану насаджень (за середньозваженим індексом санітарного стану дерев) проводили на закладених тимчасових пробних площах (Гірс, Новак, Кашпор, 2014; Гром, 2005; Санітарні правила в лісах України, 2016). Грунтове вкриття обстежували шляхом закладання та вивчення ґрунтових профілів за генетичними горизонтами. Тип лісорослинних умов (ТЛУ) дослідних ділянок оцінювали на основі лісорослинного ефекту деревостанів та результатів обстеження ґрунтового і над-

ґрунтового вкриття (Остапенко, Ткач, 2002). Аналіз даних проводили, використовуючи прикладну програму MS Excel (Опря, 2005).

**Результати (Results).** Лісові монокультури модрини європейської було створено у 2002 р. в урочищі «Задонецький бір» у Задонецькому лісництві (кв. 71, вид. 16) Державного підприємства (ДП) «Зміївське лісове господарство» (нині – філія «Зміївське лісове господарство» ДП «Ліси України») на площі 3,2 га в умовах свіжого сугруду ( $C_2$ ) (згідно проекту лісових культур). Обробіток ґрунту – суцільна оранка на глибину 25-30 см з ранньовесняними культивацією та боронуванням. Садіння культур ( $2,5 \times 0,75$  м) проводили механізованим способом 1-річними сійцями модрини європейської, вирощеними за інтенсивними технологіями у теплиці лісництва (Борисова, 2005). З метою протипожежної безпеки за периметром ділянки створено кулісу із трьох рядів берези повислої (*Betula pendula* Roth.). За культурами загалом проведено п'ять ручних доглядів – по два – у 2002, 2003 рр. та один – у 2004 році. Переведення культур модрини європейської у вкриті лісовою рослинністю землі було заплановано на 2008 р.; втім, воно було здійснено раніше – у 2005 році.

Згідно з даними лісовпорядкування 2011 р., висота 9-річних культур модрини становила 7 м, діаметр – 8 см, тобто вони росли за 1<sup>б</sup> класом бонітету (табл. 1).

Водночас, склад культур від часу створення дещо змінюється – з'являється підріст *Robinia pseudoacacia* L. у кількості 400 шт./га, вік якого становить три роки, а висота – три метри. Проведеними у 2023 р. дослідженнями з'ясовано, що тенденція зміни складу насаджень закріпилася й робінія вже займає верхній ярус. Монокультури модрини перетворюються у мішані насадження з часткою робінії 10%. При цьому, завдяки швидкому росту, висота 15-річної робінії досягає 15 м, а діаметр – 14 см, тобто вона росте за I<sup>с</sup> класом бонітету, перевищуючи за інтенсивністю росту модрину.

Обстеження ділянки показало, що загальне проєктивне вкриття становить 90-100%. У живому надґрунтовому вкритті абсолютна перевага належить підмаренику чіпкому (*Galium aparine* L.), частка якого досягає 85-95% (рис. 1).

Таблиця 1. Динаміка складу і таксаційних показників деревостану модрини європейської упродовж періоду 2002-2023 рр.

Table 1. The dynamics of composition and mensuration indicators of *Larix decidua* stands for the period 2002-2023

| Рік  | Склад     | Вік, роки | Iс  | H, м       | D, см     | Бонітет        | Повнота |
|------|-----------|-----------|-----|------------|-----------|----------------|---------|
| 2002 | 10Мде     | 1         | –   | –          | –         | –              | –       |
| 2011 | 10Мде+Рбз | 9         | –   | 7          | 8         | I <sup>б</sup> | 0,6     |
| 2023 | 9Мде1Рбз  | 22        | 3,4 | 14,4± 0,56 | 14,2±1,03 | I <sup>б</sup> | 0,6     |

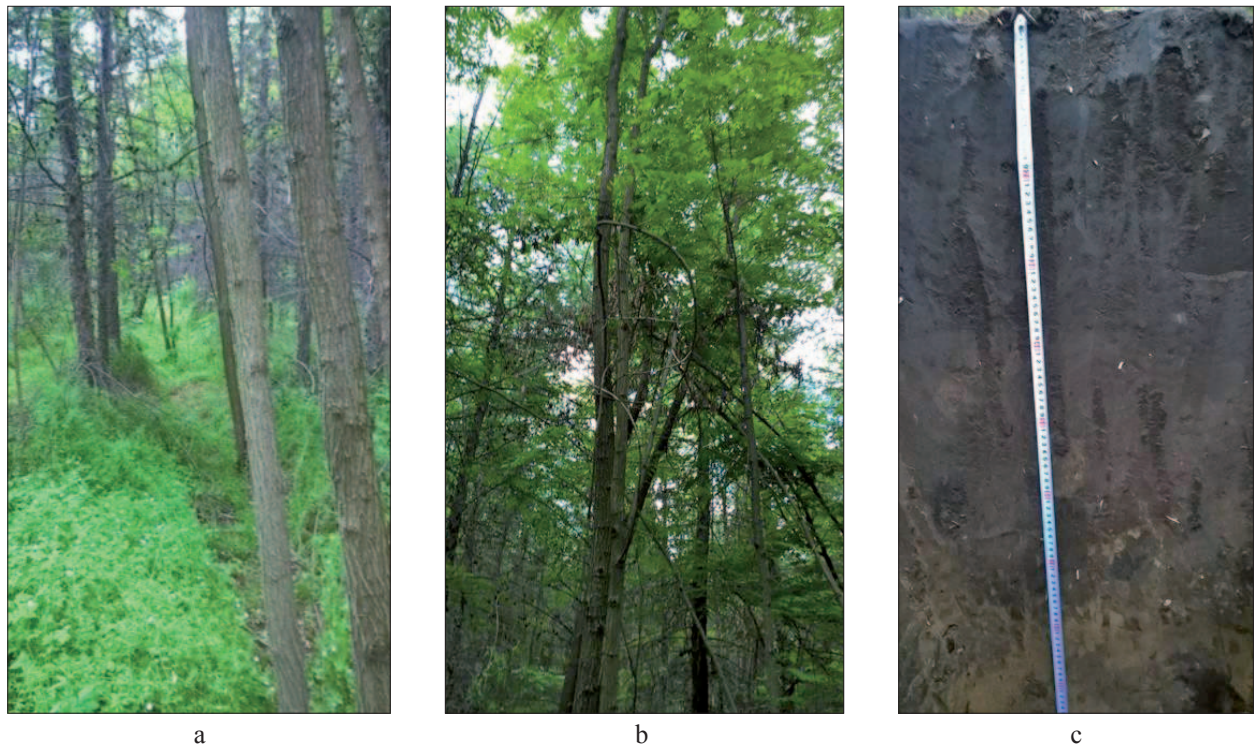


Рис. 1. Надґрунтове вкриття (а), домішка робінії (b) та профіль чорнозему вилугуваного (с) у насадженнях модрина європейської

Fig. 1. Live ground cover (a), *Robinia pseudoacacia* admixture (b), and leached chernozem (black soils) profile (c) in *Larix decidua* plantations

Менше розповсюджені герань Роберта (*Geranium robertianum* L.), чистотіл звичайний (*Chelidonium majus* L.), хміль звичайний (*Humulus lupulus* L.), які вкривають від 5 до 15% території ділянки. Підлісок здебільшого представлений бузиною чорною (*Sambucus nigra* L.). Видовий склад підліску та живого надґрунтового вкриття – домінування підмаренника чіпкого, наявність чистотілу звичайного, хмелю звичайного, які є нітрофілами та мезофітами, свідчить про забезпеченість ґрунтів Нітрогеном та вологою, а також підтверджує загально високий рівень їхньої трофності (Остапенко, Ткач, 2002).

Ґрунтовий покрив вивчали шляхом закладання розрізу у вікні між деревами модрина. Встановлено, що ґрунт представлений чорноземом вилугуваним малогумусним легкосуглинистим на лесоподібних суглинках. Товщина власне гумусового горизонту (Н) становить 37 см, а товщина шару з вираженою гумусованістю (Н+Н<sub>р</sub>+РН) досягає 70 см. Ґрунт формує свіжий грудковий (*D*<sub>2</sub>) тип лісорослинних умов. Отже, дослідженнями ґрунтового покриву підтверджено високий рівень трофності ділянки під культурами модрина європейської, визначений методом фітоіндикації. При цьому, проведена нами оцінка ТЛУ не співпадає з даними Проекту лісових культур і лісовпорядкування, які ідентифікують умови як свіжі сугрудові (ТЛУ *C*<sub>2</sub>) та свіжі субореві (ТЛУ *B*<sub>2</sub>) відповідно.

В мовах Слобожанського лісорослинного району аборигенним деревним видом, що характе-

ризується швидкорослістю й також, як і модрина, може використовуватися задля отримання швидкої деревини, є сосна звичайна. В цьому районі деревостани сосни здебільшого формуються в умовах свіжого субору та ростуть за I-I<sup>a</sup> класами бонітету. У типових умовах соснових місцезростань у Задонецькому лісництві (кв. 83, вид. 4) закладено дослідну ділянку, де досліджено умови росту і стан культур сосни звичайної. Зауважимо, що вік лісових культур сосни та модрина однаковий – 22 роки.

Монокультури сосни створено за схемою 2,5 × 0,5 м. Через чотири роки після садіння проведено доповнення ділянки сосною звичайною. Згодом у складі насадження з'явилася береза повисла природного походження, її частка становила 10% (табл. 2). У 2011 р. береза росла за I<sup>b</sup> класом бонітету (висота – 6 м, діаметр – 4 см), а в 2023 р. її ріст уповільнився та відповідав I<sup>a</sup> класу (висота – 11,5 м, діаметр – 12,5 см). Щодо сосни звичайної, то упродовж останніх 12 років вона виявляє високу продуктивність та росте за I<sup>b</sup> класом бонітету (див. табл. 2).

Загальне проєктивне вкриття ділянки не перевищує 10-15%. У ярусі трав'яної рослинності переважають оліготрофи та мезотрофи: купина пахуча (*Polygonatum odoratum* (Mill.) Druce) (50-55%), герань Роберта (20-25%), волошка шорстка (*Centaurea scabiosa* L.), перлівка поникла (*Melica nutans* L.), нечуй-вітер волохатенький (*Pilosella officinarum* F.Schult. & Sch.Bip.), тонконіг вузьколистий (*Poa angustifolia* L.) (рис. 2а).

Таблиця 2. Динаміка складу і таксаційних показників деревостану сосни звичайної упродовж періоду 2001-2023 рр.

Table 2. The dynamics of composition and mensuration indicators of *Pinus sylvestris* stand for the period 2001-2023

| Рік  | Склад                 | Вік, роки | Iс  | Н, м      | D, см     | Бонітет        | Повнота |
|------|-----------------------|-----------|-----|-----------|-----------|----------------|---------|
| 2001 | 10Сз                  | 1         | —   | —         | —         | —              | —       |
| 2011 | 7Сз(11) 1Бп 2Сз(7)+Дз | 10        | —   | 5         | 6         | I <sup>b</sup> | 0,8     |
| 2023 | 9Сз 1Бп +Дчр +Дз+Ос   | 22        | 1,4 | 11,7±0,36 | 13,6±1,01 | I <sup>b</sup> | 0,8     |



а



b



с

Рис. 2. Надґрунтове вкриття (а), підріст дуба червоного (b), профіль дернового опідзоленого (борового) ґрунту (с) в насадженнях сосни звичайної

Fig. 2. Live ground cover (a), *Quercus rubra* advance growth (b), and soddy podzolized soils (pine forest) profile (c) in *Pinus sylvestris* plantations

Ярус підліску розташований нерівномірно, у ньому представлені свидина біла (*Swida alba* L.) Opiz.) і горобина звичайна (*Sorbus aucuparia* L.). Окремими осередками також трапляється цілком життєздатний підріст дуба червоного (*Quercus rubra* L.) та дуба звичайного (*Quercus robur* L.) (рис. 2b).

Дослідженнями ґрунтового покриву встановлено, що соснові культури сформувалися на дерновому опідзоленому (боровому) ґрунті на давньо-алювіальних пісках (рис. 2с). Товщина гумусового горизонту ґрунту становить 28 см, механічний склад – глинисто-піщаний. Отже, оцінювання ґрунтового покриву та надґрунтового вкриття по-

казало, що обстежені соснові культури сформувались в умовах свіжого субору (ТЛУ B<sub>2</sub>).

**Дискусія (Discussion).** Загалом в Україні модрина європейська є інтродуцентом за винятком її природних осередків у Карпатах. Втім цей вид вже більш ніж два століття успішно культивують у штучних насадженнях, насамперед західного регіону країни, до умов якого деревний вид добре адаптувався (Debryniuk et al., 2022). У лісових культурах східної частини України модрина європейську використовують значно менше. Прийняття рішення щодо впровадження у лісове господарство породи-інтродуцента потребує проведення детальних, здебільшого багаторічних наукових дослі-

джень різного спрямування, зокрема: порівняльний аналіз кліматичних та еколого-географічних умов природного зростання інтродукованих рослин і нових місць їх випробування; історичний, флористичний та генетичний аналіз рослинного матеріалу для інтродукції; вивчення екологічних і фізіологічних властивостей рослин-інтродуцентів і мінливості їхньої анатомічної й морфологічної будови. Відтак, якщо продуктивність інтродукованого дерева або насадження становить 75% відносно аборигенної популяції, то є підстави продовжувати дослідження виду (Wright, 1976).

Під час оцінювання перспектив вирощування модрина європейської на основі порівняльного аналізу зіставляли стан та умови формування культур модрина та аборигенного деревного виду – сосни звичайної такого ж віку, екологічні, біологічні та лісівничі властивості якої відповідають принципам плантаційного лісовирощування у досліджуваному регіоні. Аналіз отриманих результатів показав, що впродовж перших двадцяти років енергія росту як деревостанів сосни, так і модрина в умовах лісостепової частини Харківщини є високою, та відповідає I<sup>a</sup> класу бонітету (див. табл. 1, 2). Втім, поряд зі значною інтенсивністю росту, спостережено суттєвий відпад (всихання) модрина. Так, на закладеній пробній площі з сімдесяти одного дерева живих здорових особин залишилось лише сорок, тобто 56%, решта – це сухостій, здебільшого старий. Відповідно індекс санітарного стану 22-річних насаджень модрина становив 3,4 од., що відповідає категорії «дуже ослаблені».

На відміну від модрина, стан насаджень сосни звичайної набагато кращий, за санітарним станом вони належать до категорії «здорові» (I<sub>c</sub> – 1,4), сухостою немає (див. табл. 1, 2). Незадовільний стан лісових культур модрина, ймовірно, зумовлений не достатньою кількістю лісівничих доглядів, зокрема невчасним проведенням рубок догляду. Відповідно до чинних нормативів, у культурах модрина до 10-річного віку повинно би бути проведено освітлення, а у 11-20 років – прочищення (Правила поліпшення ..., 2007). При цьому інтенсивність рубок для модрина, як швидкорослої та світлолюбної породи, має бути високою – сильного або дуже сильного рівня зріджування. Отже, на нашу думку, брак рубок догляду спричинив значний природний відпад модрина, унаслідок чого повнота насаджень знизилась до 0,6. Як наслідок, розріджений намет зумовив появу у складі чистого модринового насадження робінії звичайної та значне поширення трав'яних видів, проєктивне вкриття яких досягає 95-100%. При цьому, наявність робінії в умовах свіжого грунту є неприпустимим явищем, адже тут вона виявляє неабияку швидкорослість та стрімко розповсюджується, захоплюючи нові території й створюючи високу конкуренцію аборигенним лісовим породам, тобто проявляє ознаки інвазійності (Дебринюк та ін., 2022).

Зауважимо також, що досліджені модринові насадження ростуть у значно кращих умовах ( $D_2$ ) ніж соснові ( $B_2$ ), тобто потенційна енергія росту соснових насаджень в умовах, в яких росте модрина, повинна би бути ще вищою.

Таким чином, результатами досліджень підтверджено висновки інших науковців щодо переважання інтенсивності росту за висотою та діаметром модрина європейської над сосною звичайною (Белеля, Дебринюк, 2017; Лось та ін., 2018). Водночас зробити однозначні висновки щодо перспективи впровадження модрина європейської, як плантаційної культури, у лісгосподарські підприємства Східного Лісостепу України через значний її відпад (найімовірніше – унаслідок несвоєчасного проведення рубок догляду), не вдасться можливим, тому дослідження необхідно продовжити.

**Висновки (Conclusions).** Грунтовий покрив у культурах модрина європейської представлений чорноземом вилугуваним легкосуглинистим на лесоподібних суглинках, що відповідає свіжим грудовим умовам (ТЛУ  $D_2$ ), а у культурах сосни звичайної – дерновими опідзоленими глинисто-піщаними ґрунтами на давньоалювіальних пісках, на яких сформувались свіжі суборові умови (ТЛУ  $B_2$ ).

Монокультури модрина та сосни з віком перетворюються у мішані насадження. У модриновому насадженні з'являється робінія звичайна (10% у 10-річному віці), у сосновому – така ж частка берези повислої й поодинокі – дуб червоний, дуб звичайний, осика. Всі деревні види верхнього ярусу, не залежно від лісорослинних умов, характеризуються високою енергією росту: модрина та сосна у 22-річному віці ростуть за I<sup>b</sup> класом бонітету, береза – за I<sup>a</sup>, робінія – за I<sup>c</sup> класом. Поява у складі модринового насадження робінії звичайної в багатих за рівнем трофності і зволоження ТЛУ ( $D_2$ ) є неприпустимим, оскільки вона створює високу конкуренцію значно ціннішим аборигенним лісовим деревним видам.

Несвоєчасне проведення рубок догляду спричиняє суттєве природне зрідження модрина та появу значної частки сухостою. За санітарним станом насаджень модрина ідентифікується як «дуже ослаблене» (I<sub>c</sub> – 3,4), в той час як насаджень сосни звичайної – «здорове» (I<sub>c</sub> – 1,4).

Дослідження щодо перспектив впровадження модрина європейської, як культури плантаційного типу у лісгосподарські підприємства Східного Лісостепу України, необхідно продовжити.

## Список літератури (References)

- Белеля, С. О., Дебринюк, Ю. М. (2017). *Культивування видів роду Larix L. у штучних насадженнях Західного Полісся України*. Львів: Галицька видавнича спілка. [Belelya, S. O., & Debryniuk, Yu. M. (2017). *Cultivation of species of the genus Larix L. in*

- artificial plantations of the Western Polissia of Ukraine. Lviv: Galicia Publishing Union] (in Ukrainian)
- Борисова, В.В. (2005). *Вирощування садивного матеріалу модрина європейської інтенсивними методами в умовах Лівобережного Лісостепу України*: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.03.01. Харків, УкрНДІЛГА. [Borisova, V.V. (2005). *Growing planting material of European larch by intensive methods in the conditions of the Left-bank Forest-Steppe of Ukraine*. Abstract doctoral dissertation, the G.M. Vysotsky Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration, Kharkiv, Ukraine. Retrieved from <http://www.irbis-nbuv.gov.ua/aref/20081124004237>] (in Ukrainian)
- Гірс, О.А., Новак, Б.І., Кашпор, С.М. (2014). *Лісовпорядкування*. Київ: Фітосоціоцентр. [Girs, O.A., Novak, B.I., & Kashpor, S.M. (2014). *Forest management*. Kyiv: Phytosocial center] (in Ukrainian)
- Гром, М.М. (2005). *Лісова таксація*. Львів: НЛТУ України. [Grom, M.M. (2005). *Forest assessment*. Lviv: Ukrainian National Forestry University] (in Ukrainian)
- Дебринюк, Ю.М. (2007). *Плантаційні лісові культури в Західному Лісостепу України: концепція, методологія, ресурсний потенціал*: автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук: 06.03.01. Львів, НЛТУ України [Debryniuk, Yu.M. (2007). *Plantation forest crops in the Western Forest Steppe of Ukraine: concept, methodology, resource potential*. (Abstract doctoral dissertation, Ukrainian National Forestry University, Lviv, Ukraine. Retrieved from [http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis\\_nbuv/cgiirbis\\_64.exe](http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe)] (in Ukrainian)
- Дебринюк, Ю.М., Криницький, Г.Т., & Целень, Я.П. (2016). *Технологія вирощування плантаційних лісових насаджень у західному регіоні України*. Львів: Камула. [Debryniuk, Yu. M., Krynytskyu, G.T., & Tselen, Ya.P. (2016). *Technology of growing forest plantations in the western region of Ukraine*. Lviv: Kamula] (in Ukrainian)
- Дебринюк, Ю.М., Лавний, В.В., Миклуш, С.І., Чіхрак, Т.М. (2022). Доцільність впровадження у лісові насадження України інтродукованих деревних видів. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 24, 104-119. [Debryniuk, Yu., Lavnyy, V., Myklush, S., & Chihrak, T. (2022). Expediency of introduction of alien tree species into forest plantations of Ukraine. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine* 24, 104-119. <https://doi.org/https://doi.org/10.15421/412209>] (in Ukrainian)
- Дебринюк, Ю.М., Фучило, Я.Д., Белеля, С.О. (2019). *Плантаційне лісовирощування в Україні: сучасний стан та концептуальні засади підвищення його ефективності. Відтворення лісів та лісова меліорація в Україні: витоки, сучасний стан, виклики сьогодення та перспективи в умовах антропогену*: колективна монографія (до 100-річчя кафедри відтворення лісів та лісових меліорацій). Київ: НУБіП України, 188-223. [Debryniuk, Yu.M., Fuchylo, Y.D., & Beleya, S.O. (2019). *Plantation afforestation in Ukraine: current state and conceptual principles of increasing its efficiency*. In S.M. Nikolaenko (Ed.), *Forest restoration and forest melioration in Ukraine: beginning, current state, challenges of the present and prospects in the conditions of the Anthropocene*. Kyiv: National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 188-223] (in Ukrainian)
- Державна стратегія управління лісами України до 2035 року (2022). Схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 29 грудня 2021 р. № 1777-р. [State forest management strategy of Ukraine up to 2035 (2022). Approved by the order of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated December 29, 2021 No. 1777-p. Retrieved from <https://www.kmu.gov.ua/npas/pro-shvalennya-derzhavnoyi-strategiy-a1777r>] (in Ukrainian)
- Лось, С.А., Григорьєва, В.Г., Самодай, В.П., Нейко, І.С. (2018). Комплексне оцінювання перспективності видів і гібридів модрина для умов Лісостепу України. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 16, 62-69. [Los, S., Hryhorieva, V., Samodai, V., & Neiko, I. (2018). Complex assessment of larch species and hybrids perspectives for the Forest-Steppe of Ukraine conditions. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine* 16, 62-69. <https://doi.org/10.15421/41171601>] (in Ukrainian)
- Маурер, В.М., Ведмідь, М.М., Гузь, М.М., Распопіна, С.П., Романовський, В.Ф., Чигринець, В.П., ... Кайдик, О.Ю. (2019). Відтворення лісів в Україні: витоки, виклики сьогодення, головні завдання та шляхи їх вирішення в умовах антропогену. *Відтворення лісів та лісова меліорація в Україні: витоки, сучасний стан, виклики сьогодення та перспективи в умовах антропогену*: колективна монографія (до 100-річчя кафедри відтворення лісів та лісових меліорацій). Київ: НУБіП України, 78-120. [Maurer, V.M., Vedmid, M.M., Guz, M.M., Raspopina, S.P., Romanovskyi, V.F., Chyhyrnets, V.P., ... Kaidyk, O.Yu. (2019). Restoration of forests in Ukraine: beginning, challenges, main tasks and ways to solve them in the context of the Anthropocene. In S.M. Nikolayenko (Ed.), *Forest restoration and forest melioration in Ukraine: beginning, current state, challenges of the present and prospects in the conditions of the anthropocene*, 78-120). Kyiv: National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine] (in Ukrainian)
- Опря, А.Т. (2005). *Статистика. Математична статистика. Загальна теорія статистики*. Київ: Центр навчальної літератури. [Oprya, A.T. (2005). *Statistics. Mathematical statistics. General theory of statistics. Tutorial*. Kyiv: Center for Educational Literature] (in Ukrainian)
- Остапенко, Б.Ф., Ткач, В.П. (2002). *Лісова типологія*. Харків: Харківський державний аграрний університет. [Ostapenko, B.F., & Tkach, V.P. (2002). *Forest typology*. Kharkiv: Kharkiv State Agrarian University] (in Ukrainian)

- Правила поліпшення якісного складу лісів* (2007). Постанова Кабінету Міністрів України від 12 травня 2007 р. №724. [Rules for improving the qualitative composition of forests (2007). Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated May 12, 2007 No. 724. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/724-2007-%D0%BF#Text>] (in Ukrainian)
- Про альтернативні джерела енергії* (2003). Закон України від 20.02.2003 № 555-IV. [On alternative energy sources (2003). Law of Ukraine dated 02.20.2003 No. 555-IV. Retrieved from <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/555-15>] (in Ukrainian)
- Санітарні правила в лісах України* (2016). Постанова Кабінету Міністрів України від 26 жовтня 2016 р. №756. [Sanitary rules in the forests of Ukraine (2016). Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated October 26, 2016 No. 756. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/756-2016-%D0%BF#Text>] (in Ukrainian)
- Boruszewski, P., Laskowska, A., Jankowska, A., Klisz, M., & Mionskowski, M. (2021). Potential Areas in Poland for Forestry Plantation. *Forests*, 12(10), 1360. <https://doi.org/10.3390/f12101360>
- Camarero, J., Gazol, A., Valeriano, C., Vergarechea, M., & Cattaneo, N. (2024). Growth data of outlying plantations allows benchmarking the tolerance to climate extremes and drought stress in the European larch. *Frontiers in Plant Science*, 15, 1-12. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1404347>
- Cukor, J., Vacek, Z., Vacek, S., Šimůnek, V., & Gallo, J. (2020). Comparison of growth and wood quality of Norway spruce and European larch: effect of previous land use. *European Journal of Forest Research*, 3, 459-472. <https://doi.org/10.1007/s10342-020-01259-7>
- Da Ronch, F., Caudullo, G., Tinner, W., & de Rigo, D. (2016). *Larix decidua* and other larches in Europe: distribution, habitat, usage and threats. In: San-Miguel-Ayanz, J., de Rigo, D., Caudullo, G., Houston Durrant, T., Mauri, A. (Eds.), *European Atlas of Forest Tree Species*. Publication Office of the European Union, Luxembourg, 108-110. <https://doi.org/10.2760/776635>
- Debryniuk, I., Hayda, Y., Myklush, S., & Myklush, Y. (2022). Distribution, growth and productivity of *Larix decidua* Mill. plantations in the western Forest-Steppe of Ukraine. *Baltic Forestry* 28(1), 50-58. <https://doi.org/10.46490/BF564>
- Eilmann, B., & Rigling, A. (2012). Tree-growth analyses to estimate tree species' drought tolerance. *Tree Physiology*, 32(2), 178-187. <https://doi.org/10.1093/treephys/tps004>
- Jankowska, A., Sagan, J., & Potocki, M. (2023). The Identification of the Abundance of European Larch Trees in Polish Forests. *Forests*, 14(8), 1642. <https://doi.org/10.3390/f14081642>
- Pająk, M., Michalec, K., Wąsik, R., Urban, O., & Pietrzykowski, M. (2017). Growth and Timber Quality of European Larch Planted in Areas Reclaimed After Coal Mining in Central Poland. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 44, 347-356. <https://doi.org/10.5552/crojfe.2023.1748>
- Qu, L., Wang, Y., Masyagina, O., Kitaoka, S., Fujita, S., Kita, K.,...Koike, T. (2022). Larch: A Promising Deciduous Conifer as an Eco-Environmental Resource. *ResearchGate*, <https://doi.org/10.5772/intechopen.101887>
- Raspopina, S., Debryniuk, Y., Hayda, Y. (2020). Forest plantation productivity – soil interactions within Western Forest-Steppe of Ukraine: effects of pH and cations. *Folia Forestalia Polonica, Series A – Forestry*, 62(4), 233-245. <https://doi.org/10.2478/ffp-2020-0023>
- Wright, J.W. (1976). *Introduction to Forest Genetics*. New York; San Francisco; London: Academic Press.
- Zeidler, A., Vacek, Z., Cukor, J., Boruvka, V., Vacek, S., Prokupkova, A.,...Vacek, O. (2022). Is European larch (*Larix decidua* Mill.) a suitable substitute for Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) for agricultural land afforestation? *Forest Ecology and Management*, 517, 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120257>

## Assessment of the prospects for growing forest crops of European larch in the Eastern Forest-Steppe of Ukraine

S. Raspopina<sup>1</sup>, M. Didenko<sup>2</sup>

*Larix decidua* Mill. is of interest in meeting the needs of industry in obtaining fast timber not only in European countries, but it also has significant prospects for cultivation in different natural zones of Ukraine. The main objective of this paper was to study the soil conditions and the state of forest crops of European larch and assess the prospects for its use in the plantation system of cultivation (the cultivation stands with a short rotation age (41-60 years)) in the Eastern Forest-Steppe of Ukraine. For this purpose,

<sup>1</sup> Svitlana Raspopina – Full Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Doctor Habil. (Agricultural Sciences), the G.M. Vysotsky Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration, 86 Hryhoriia Skovorody st., Kharkiv, 61024, Ukraine. Associate Professor at the Department of Forest Plantations, Land Reclamation, Landscape Architecture and Park Management; State Biotechnological University, 44 Alchevskyh st., Kharkiv, 61002, Ukraine. E-mail: s\_raspopina@ukr.net ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1880-9364>

<sup>2</sup> Maksim Didenko – PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor at the Department of Forest Plantations, Land Reclamation, Landscape Architecture and Park Management. State University of Biotechnology, 44 Alchevskyh st., Kharkiv, 61002, Ukraine. E-mail: didenko\_maxim@ukr.net ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1880-9364>

a comparative ecological approach was used. In particular, the condition and productivity of forest crops of the introduced species – European larch – were compared with crops of *Pinus sylvestris* L. as an aboriginal species, which is also one of the main species that forms forests in Ukraine.

The objects of the study were crops of European larch and Scots pine, created in 2002 in the tract “Zadonetsky bir” of the State Enterprise “Zmiivske Forestry” (now – State Specialized Forest Enterprise “Forests of Ukraine”, Branch “Zmiivske Forestry”) in the forest-steppe part of Kharkiv region. The initial data for the analysis were obtained by field studies in established temporary sample plots. In these sample plots, forest mensuration indicators of larch and pine stands, their health condition, and grass cover were assessed.

The name of the soil was identified by laying soil profiles and describing them according to the morphological characteristics of the genetic horizons. The type of forest site conditions (FSC) in the sample plots was assessed based on the forest vegetation effect of tree stands and the results of soil and grass cover examination.

The results obtained indicate that monocultures of European larch were created on leached light loamy chernozem (black soils) on loess loam. The thickness of the humus horizon (H) is 37 cm, and the layer with significant humus content (H+Hp+PH) reaches 70 cm. The soil forms fresh fertile forest site conditions (FSC D<sub>2</sub>). Monocultures of Scots pine were created on soddy podzolized (pine forest) clayey-

sandy soils on ancient alluvial sands with the thickness of the humus horizon 28 cm. These soils form fresh fairly infertile site types (FSC B<sub>2</sub>), being typical habitats of pine in the region. It was found that the composition of all studied plantations begins to change four to five years after their establishment. In larch plantations, *Robinia pseudoacacia* L. naturally appears, and in pine cultures – *Betula pendula* Roth., which subsequently, along with the main species, form the upper storey of plantations. Currently, the proportion of *Robinia* and *Betula* in the stand composition is 10% each. It was found that 22-year-old stands of the upper storey, regardless of the type of forest site conditions, are characterized by high growth power: the main species – larch and pine grow according to site class I<sup>b</sup>, and 15-year-old associated species according to site class I<sup>a</sup> (*Betula*) and site class I<sup>c</sup> (*Robinia*). Significant natural mortality (drying-out) of larch was recorded, which probably occurred due to the untimely conducting of forestry activities, in particular, tending treatments (cleaning), as a result of which the stand corresponds to the category of “very weakened” (Ic (index of health condition) – 3.4). The stand of Scots pine does not have signs of deterioration and is defined as “healthy” (Ic – 1.4).

The study of the prospects for using European larch as a plantation-type crop in forestry enterprises in the Eastern Forest-Steppe of Ukraine should be continued.

**Key words:** *Larix decidua* Mill.; *Pinus sylvestris* L.; comparative analysis; forest site conditions; site class; index of health condition.

## 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/10.15421/412419>  
Article received 2023.12.14  
Article accepted 2024.10.18

ISSN 1991-606X print  
ISSN 2616-5015 online  
@ ✉ Correspondence author  
Iurii Debryniuk  
debrynuk\_ju@ukr.net

103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine

УДК 630\*228.7 : 630\*524.4

### Формування лісівничо-таксаційних показників *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco у штучних насадженнях західного регіону України

Ю. М. Дебринюк<sup>1</sup>, С. І. Миклуш<sup>2</sup>, Ю. С. Миклуш<sup>3</sup>

Насадження за участю *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco досліджували у різних лісорослинних умовах Західного Лісостепу, які представлені різною кількістю ділянок за різною участю у складі деревостану деревного виду – в межах від 5 до 100%. Найширше в умовах регіону представлені насадження за участю псевдотсуги в умовах свіжого ґрунту ( $D_2$ ), де пробними площами охоплено 30 насаджень. Тому результати досліджень стосуються саме цих лісорослинних умов.

Вивчення вікової зміни середніх показників висоти, діаметра і запасу стовбурової деревини у насадженнях за різної частки у складі *P. menziesii* показало наявність від помірного до дуже тісного зв'язку між віком і згаданими таксаційними показниками. Серед лісостанів за участі *P. menziesii* найбільшим запасом стовбурової деревини відзначаються деревостани за участю деревного виду у складі на рівні 7-9 одиниць.

У віковому діапазоні 25-37 років ріст псевдотсуги у складі мішаного насадження відзначається порівняно невисокою інтенсивністю, і за невисокої початкової участі у складі деревостану становить 10-20% за часткою стовбурової деревини. Зі збільшенням віку інтенсивність росту деревного виду збільшується і його частка у складі насадження зростає.

Варіабельність за діаметром *P. menziesii* у досліджених насадженнях за частки деревного виду в межах 10-100% помітно вища, ніж за висотою. Вірогідно, ступінь конкуренції між псевдотсугою та іншими деревними видами у насадженні значно помітніше відображається на рості за діаметром, ніж за висотою.

Тіснота зв'язку між участю псевдотсуги та запасом деревостану в межах дослідженого вікового діапазону є дуже високою ( $> 0,91$ ) як для насаджень в цілому, так і для частки запасу псевдотсуги в них зокрема. Чим насадження старіше, тим більша участь *P. menziesii* в ньому, тим більший вплив деревного виду на запас деревостану.

<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. E-mail: debrynuk\_ju@ukr.net ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0994-349X>

<sup>2</sup> Миклуш Степан Іванович – академік Лісівничої академії наук України, доктор сільськогосподарських наук, директор ННІ лісового і садово-паркового господарства, професор кафедри лісової таксації та лісовпорядкування. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: 032-237-10-45. E-mail: msi\_s@ukr.net ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9762-1190>

<sup>3</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.: 032-239-27-46. E-mail: y.myklush@nltu.edu.ua ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1940-1045>

Встановлені зміни основних таксаційних показників *P. menziesii* у штучних насадженнях у поєднанні з оптимізацією лісогосподарських заходів дадуть змогу приймати раціональні рішення та визначати пріоритетні напрями ведення лісового господарства у насадженнях псевдотсуґи в умовах свіжого ґрунту.

**Ключові слова:** висота; діаметр; запас деревини; видове число; моделювання таксаційних показників; тіснота зв'язку.

**Вступ (Introduction).** Лісові екосистеми як біологічні об'єкти – явище динамічне, формуються під впливом комплексу чинників і в природі часто не просто знайти насадження, яке мало б оптимальні густоту і структуру, відзначалось максимальним запасом деревини та при цьому успішно виконувало би інші корисні функції. Для вибору науково обґрунтованих рішень щодо оптимізації лісівничо-таксаційних показників деревостанів та їхньої структури використовують математичні моделі, які дають змогу проаналізувати різні варіанти та вибрати найдоцільніші з них. Тому важливим завданням під час вивчення продуктивності насаджень штучного походження в експлуатаційних лісах є створення такої моделі, яка б відображала вікові особливості росту досліджуваного деревного виду, динаміку його таксаційних показників під час культивування у різних типах лісорослинних умов.

Проте низкою дослідників (Hall, & Bailey, 2001; Hall, & Clutter, 2004; Кучеренко та ін., 2012) відзначено, що під час вивчення біологічних об'єктів процес моделювання значно ускладнений у зв'язку з необхідністю враховувати складні взаємозв'язки у досліджуваних об'єктах, які виникають в процесі природного росту та внаслідок антропогенного впливу. Необхідність враховувати невизначену кількість факторів суттєво ускладнює процес моделювання, а дуже часто й унеможливорює опрацювання всіх варіантів і вибору оптимального з них. Тому вибір реально можливих варіантів моделювання потрібно здійснювати з урахуванням біології досліджуваного явища та не приймати до уваги нереальні.

Математичні моделі використовують для розроблення підходів до управління лісовими екосистемами, вони простіше відображають реальний об'єкт моделювання, оскільки включають не всі його властивості, а лише важливі для моделювання. Математичні моделі росту і продуктивності деревостанів дають змогу проаналізувати різноманітні варіанти режимів формування та вирощування насаджень і виявити найоптимальніші з них.

Інтенсивне ведення лісового господарства, насамперед – плантаційного напрямку, передбачає необхідність переходу до науково обґрунтованої системи цілеспрямованого формування високопродуктивних насаджень доцільного складу і структури на визначеному віковому проміжку (Фучило, 2011; Цурик, 2008, Myklush et al., 2024). У такому випадку необхідно мати чітко визначені параметри щодо складу, кількості дерев, їх розташування на ділянці та інші лісівничо-таксаційні показники деревостанів на кожному віковому етапі їх вирощування. Такий підхід зумовлює необхідність розроблення

моделей вирощування високопродуктивних насаджень з коротким оборотом рубки та програми їхнього формування з урахуванням віку.

Опрацювання моделей росту швидкорослих деревних видів у насадженнях плантаційного типу ускладнене відсутністю наявних деревостанів різного віку, густоти і технології їх створення, які були б закладені у декількох типах лісорослинних умов за різного поєднання деревних видів та густоти їх створення і могли слугувати основою для розроблення принципів вибору оптимальних варіантів. Такі дослідні дані, зібрані у реальних насадженнях, мають важливе значення для пізнання закономірностей росту деревостанів залежно від типу лісорослинних умов, віку, густоти, складу, виявлення зв'язку між цими показниками та іншими таксаційними характеристиками. Як відомо, на основі аналізу взаємозв'язків між лісівничо-таксаційними показниками деревостанів на підставі середніх висоти та діаметра, густоти і видового числа можна отримати інші показники розрахунковим шляхом. А характер трансформації основних таксаційних показників у динаміці дає змогу прогнозувати їхню зміну з віком.

Природна екосистема є складною за своєю природою, тому на характер зміни таксаційних ознак може мати вплив множина факторів, які не просто виокремити під час формування математичної моделі прогнозу росту деревостанів за окремими таксаційними показниками. Короткочасні спостереження та епізодичні оцінки тих чи інших явищ або ознак фітоценозу є недостатніми, оскільки можуть не охоплювати неминучі вікові зміни, що відбуваються у фітоценозі. Такі спостереження повинні бути достатньо тривалими та охоплювати процеси, які проходять у насадженні впродовж періоду лісовирощування, що вимагає тривалого часу спостережень, але може бути компенсоване достатнім репрезентативним матеріалом.

Під час виконання лісівничих досліджень дослідні дані зазвичай формують вибіркоким методом, а для зручності їх опрацювання групують однорідні вибіркові сукупності на основі типів лісорослинних умов, типів лісу, класів бонітету тощо (Дебринюк, Король, 2011). Насадження за участю *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco в умовах Західного Лісостепу України створені як експериментальні у різних лісорослинних умовах. Вони характеризуються різними віком, часткою деревного виду у складі, різним характером лісогосподарського впливу та, відповідно, різною продуктивністю.

Дослідження таксаційних показників *P. menziesii* залежно від частки деревного виду у складі деревостану в межах конкретного типу лісорослинних

умов дасть змогу встановити особливості зміни середніх висоти та діаметра, запасу стовбурової деревини залежно від віку та частки псевдотсуги, виявити максимальні запаси стовбурової деревини *P. menziesii* за різної участі у складі деревостану.

**Мета роботи** полягає у моделюванні росту за основними лісівничо-таксаційними показниками псевдотсуги Мензіса у насадженнях штучного походження в умовах свіжого груду ( $D_2$ ) з урахуванням частки деревного виду у складі лісостану.

#### Об'єкти та методика (Objects and methods).

**Об'єкт дослідження** – особливості росту штучних насаджень за участю псевдотсуги Мензіса різних вікових груп за різної їх частки у складі в умовах свіжого груду Західного Лісостепу. **Предмет досліджень** – зміна основних таксаційних показників насаджень псевдотсуги з віком у найпоширеніших умовах їхнього вирощування.

Насадження псевдотсуги Мензіса досліджували у різних лісорослинних умовах Західного Лісостепу, які представлені різною кількістю ділянок за різною участю у складі деревостану інтродукованого деревного виду в межах від 5 до 100%. Групування даних здійснено за складом у межах типів лісорослинних умов  $C_2$ ;  $C_3$ ;  $D_2$ ;  $D_3$ , яке є реальним відображенням ґрунтово-гідрологічних і природно-кліматичних особливостей, характеризує потенційну продуктивність деревостанів за участю псевдотсуги Мензіса.

Поряд з цим, найширше в умовах регіону представлені насадження за участю псевдотсуги в умовах свіжого груду, де пробними площами охоплено 30 насаджень. Саме тому результати досліджень стосуються лише цього типу лісорослинних умов ( $D_2$ ).

Основні лісівничо-таксаційні показники насаджень на пробних площах встановлювали загальноприйнятими у лісовій таксації методами (Основи лісогосподарювання, 2022), зокрема розрахунковим шляхом за складною формулою Губера обчислювали об'єм дерев псевдотсуги, а старе видове число – з урахуванням взаємозв'язків між об'ємом дерева та його висотою і площею перерізу на висоті 1,3 м дерева ( $f = V/g \times h$ ).

У зв'язку зі значною варіабельністю частки *P. menziesii* у складі насаджень, їх поділено на чотири групи залежно від участі досліджуваного деревного виду у складі (10-20%; 30-40%; 50-70%; 80-100%). Кількість досліджених насаджень за цими групами становила, відповідно, 12, 5, 4 та 9 штук. Більшість досліджених об'єктів характеризуються часткою *P. menziesii* у складі штучних насаджень до 40%.

Для моделювання росту за висотою, діаметром, запасом стовбурової деревини та видовим числом деревостанів за участю *P. menziesii* було випробувано чотири найбільш розповсюджені функції – лінійну, логарифмічну, поліноміальну і степеневу. Окрім названих, також використано інші функції із пакету «Statistica», випробуваних західноєвропейськими вченими (Pretsch, 1992; Gadow, 1987, 2001; Pretsch, 2001; Gadow, Hui, 1999, 2014). Як оптимальну, було вибрано функцію з найбільшою вели-

чиною достовірності апроксимації ( $R^2$ ), яка адекватно описує закономірності зміни висоти, діаметра, запасу і видового числа *P. menziesii* у межах досліджуваного вікового діапазону.

**Результати (Results).** Зміну основних таксаційних показників з віком встановлювали шляхом їх моделювання в межах виділених груп насаджень пробних площ, що дасть змогу вирішити низку задач формування насаджень шляхом створення лісових культур, в т.ч. і ведення плантаційного господарства. Показники росту деревостанів залежно від їхнього складу та структури може бути використано для планування доцільних лісогосподарських заходів.

Відзначимо, що частка *P. menziesii* в складі деревостану зі збільшенням віку зростає, особливо після 40 років, коли відбувається інтенсифікація її росту за висотою та діаметром. У цей період частка *P. menziesii* у складі насаджень може збільшуватися з 10-20 до 30-40%.

За матеріалами пробних площ віковий діапазон насаджень за частки *P. menziesii* у складі 10-20% обмежується 25-37 роками. До віку 25 років елемент лісу – псевдотсуга характеризується середньою висотою майже 15 м. Зміну висоти досліджуваного деревного виду в межах встановленого вікового діапазону показано на рис. 1, з якого видно, що ріст псевдотсуги після 25 років внаслідок невеликої її частки у складі деревостану може відзначатися порівняно невисокою інтенсивністю. У цьому віковому діапазоні *P. menziesii* досягає переважно I-I<sup>a</sup> класів бонітету. Вищий клас бонітету деревного виду (I<sup>b</sup>) відзначено лише в окремих насадженнях.

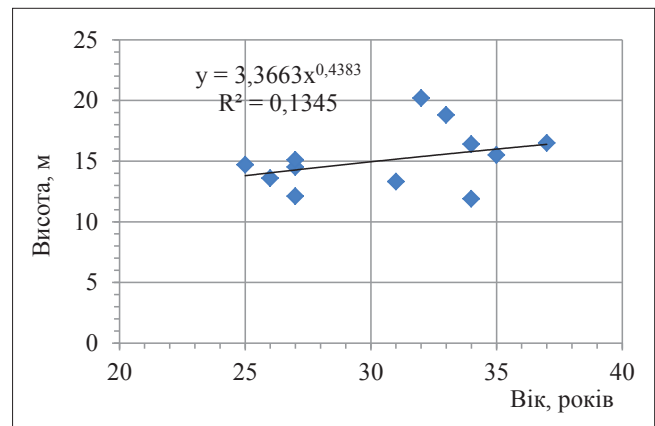


Рис. 1. Зміна висоти *P. menziesii* у штучних лісових насадженнях (участь у складі 10-20%)

Fig. 1. The change in height of *P. menziesii* in artificial forest plantations (the share in stand composition is 10-20%)

Висота псевдотсуги у досліджуваних насадженнях відзначається значною варіабельністю, що зв'язано з підтипом лісорослинних умов, зі структурою та складом насадження (ярусність, співвідношення світлолюбних і тіньовитривалих, швидко- та повільнорослих деревних видів), використаною схемою змішування, густотою самого деревостану

на різних етапах вирощування, ступенем конкуренції між деревними видами.

Значення коефіцієнта детермінації підтверджує наявність помірної тісноти зв'язку ( $r = 0,36$ ) між віком і висотою *P. menziesii* в межах досліджуваного вікового діапазону.

Деревостани за значної частки *P. menziesii* (80-100%) досліджено впродовж доволі значного вікового діапазону – 25-103 років (рис. 2). У цьому випадку псевдотсуга утворює практично чисті насадження, характерною рисою яких є формування деревостанів різних класів бонітету: деревостани віком 21-40 р. характеризуються класом бонітету в межах I<sup>a</sup>-I<sup>b</sup>, в 45-50 р. – I<sup>d</sup>, в 60-70 р. – I<sup>b</sup>-I<sup>c</sup> класами бонітету. Чисте 105-річне насадження псевдотсуги характеризується високим I<sup>c</sup> класом бонітету. Значення коефіцієнта детермінації підтверджує наявність дуже високої тісноти зв'язку ( $r = 0,97$ ) між висотою *P. menziesii* та її віком.

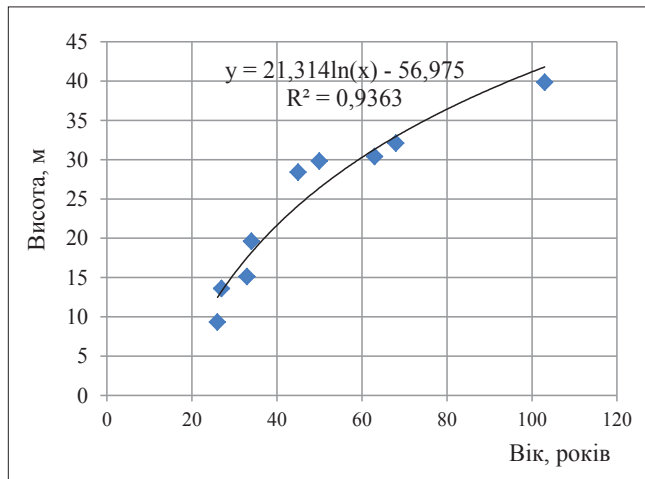


Рис. 2. Зміна висоти *P. menziesii* у штучних лісових насадженнях (участь у складі 80-100%)

Fig. 2. The change in height of *P. menziesii* in artificial forest plantations (the share in stand composition is 80-100%)

Таку ж високу тісноту зв'язку ( $r = 0,93$ ) спостережено між висотою та віком псевдотсуги за різної її участі у складі насадження (10-100%) впродовж усього досліджуваного вікового діапазону (рис. 3). У віковому проміжку 40-60 років *P. menziesii* за висотою росте найбільш інтенсивно.

Коефіцієнт варіації за висотою псевдотсуги в умовах  $D_2$  у всіх вікових групах дуже високий (25-40%), що зумовлено, насамперед, широким віковим діапазоном досліджених насаджень, різною інтенсивністю росту породи у різні вікові періоди та господарським втручанням у природні процеси росту.

Подібні тенденції, залежно від частки у складі деревостану, спостережено і в рості псевдотсуги за діаметром. Так, за частки *P. menziesii* в межах 10-20% у складі деревостану спостережено значну варіабельність деревного виду за діаметром (рис. 4). Як і у випадку з висотою (див. рис. 1), отримані дані стосуються вузького вікового діапазону, а їхня

варіабельність пояснюється тими ж причинами, що і варіабельність за висотою. Значення коефіцієнта детермінації також невисоке, однак воно все ж свідчить про існування помірного зв'язку між діаметром *P. menziesii* та її віком ( $r = 0,40$ ) за 10-20%-ої її частки у складі деревостану.

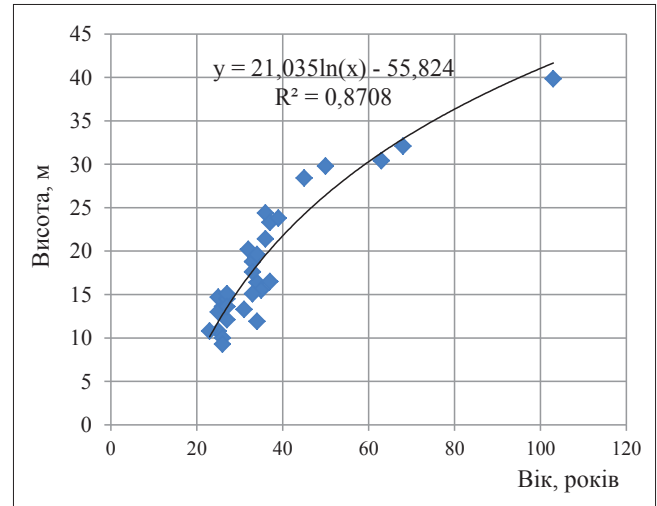


Рис. 3. Зміна висоти *P. menziesii* у штучних лісових насадженнях (участь у складі 10-100%)

Fig. 3. The change in height of *P. menziesii* in artificial forest plantations (the share in stand composition is 10-100%)

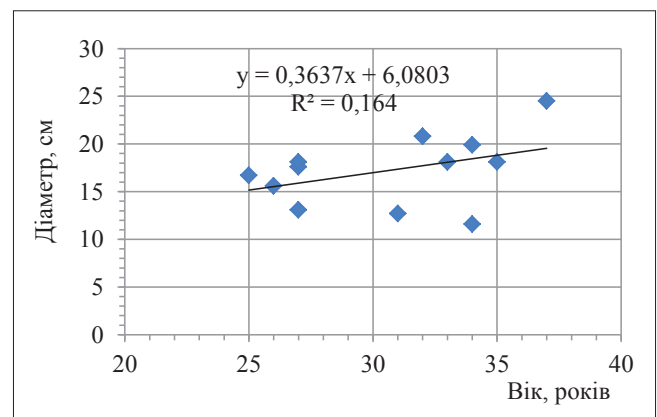


Рис. 4. Зміна діаметра *P. menziesii* у штучних лісових насадженнях (участь у складі 10-20%)

Fig. 4. The change in diameter of *P. menziesii* in artificial forest plantations (the share in stand composition is 10-20%)

Варіабельність за діаметром у всіх досліджених насадженнях псевдотсуги значно вища, ніж за висотою (рис. 5). Тісноту зв'язку між діаметром і віком *P. menziesii* за різної частки деревного виду у складі впродовж досліджуваного вікового діапазону визначено як високу ( $r = 0,75$ ). Тобто, частка псевдотсуги у складі деревостану, густота самого деревостану, характер розташування дерев у лісостані тощо визначають ступінь конкуренції між деревними видами, що значно помітніше відображається на інтенсивності росту *P. menziesii* за діаметром, ніж за висотою.

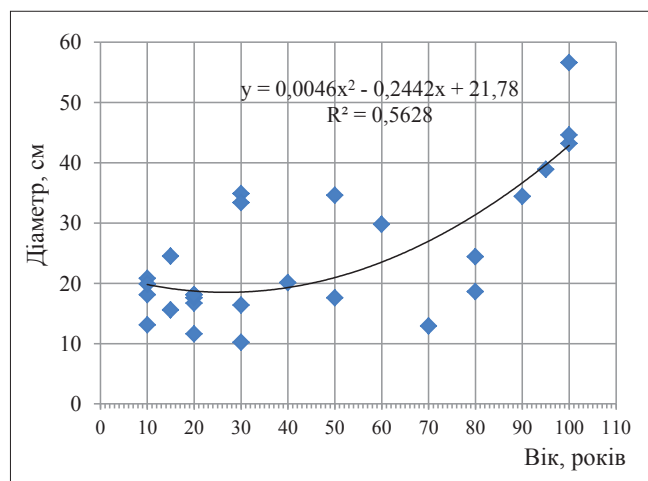


Рис. 5. Зміна діаметра *P. menziesii* у штучних лісових насадженнях (участь у складі 10-100%)

Fig. 5. The change in diameter of *P. menziesii* in artificial forest plantations (the share in stand composition is 10-100%)

Відносно повільний ріст псевдотсуги у молодняках, де її участь не перевищує 10-20%, слабо впливає на зміну загального запасу стовбурової деревини у насадженні (рис. 6). Залежно від інтенсивності впливу абіотичних та антропогенних чинників, запас деревини псевдотсуги змінюється в межах 10-40 м<sup>3</sup>·га<sup>-1</sup>. При цьому тісноту зв'язку між запасом деревини та віком псевдотсуги за її участі у складі на рівні 10-20% можна визначити як помірну (0,44). Для насадження в цілому цей показник є дещо вищим (0,50).

Аналіз зміни запасу стовбурової деревини *P. menziesii* впродовж всього дослідженого вікового діапазону за частки хвойного виду у складі на рівні 10-100% підтверджує формування високих запасів деревини (рис. 7). Якщо вплив псевдотсуги у молодому віці (до 40 р.) та за участі на рівні 10-20% на загальний запас деревини у лісостані не високий, то

цей вплив суттєво зростає, починаючи з 45-50-річного віку. Окремі насадження *P. menziesii* 60-70-річного віку, де участь деревного виду сягає 80-100%, нагромаджують 650-850 м<sup>3</sup>·га<sup>-1</sup> стовбурової деревини. Насадження 105-річного віку (склад 10Пд) відзначається значним запасом деревини – близько 1500 м<sup>3</sup>·га<sup>-1</sup>. При цьому тіснота зв'язку між запасом стовбурової деревини та віком за частки *P. menziesii* 80-100% є дуже високою (> 0,91) як для деревостанів у цілому, так і для частки запасу псевдотсуги в них зокрема. Чим насадження старше, тим більша участь *P. menziesii* в ньому, тим більший вплив деревного виду на запас деревостану.

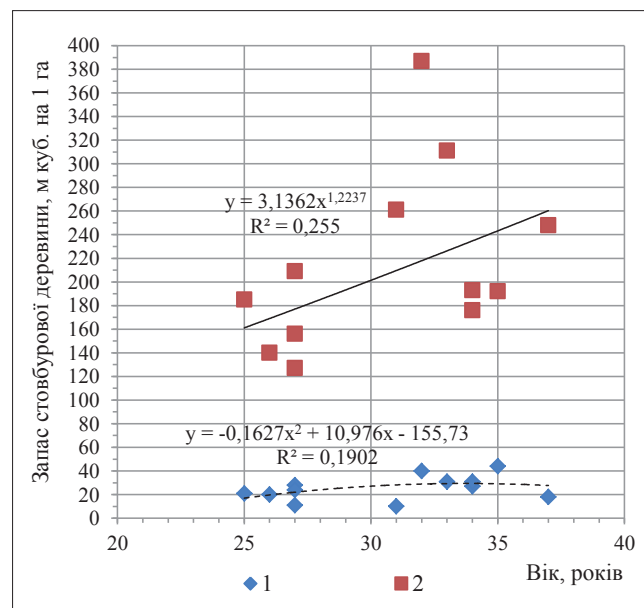


Рис. 6. Зміна запасу стовбурової деревини *P. menziesii* (1) і деревостану загалом (2) за участі хвойного виду в складі на рівні 10-20%

Fig. 6. Change in the stock of stemwood of *P. menziesii* (1) and of the stand as a whole (2) with the inclusion of a coniferous species at a composition share of 10-20%

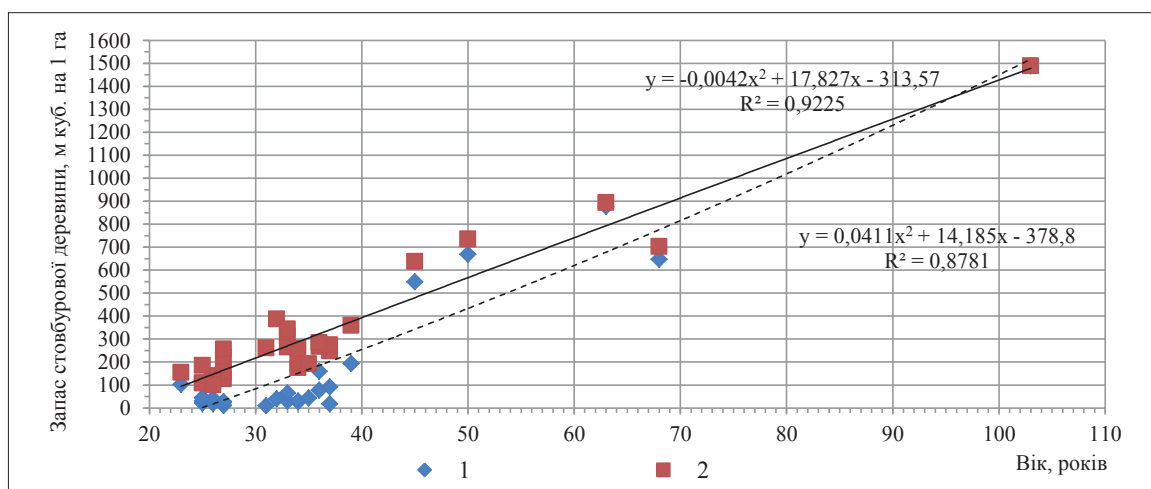


Рис. 7. Зміна запасу стовбурової деревини *P. menziesii* (1) і деревостану загалом (2) за участі хвойного виду в складі на рівні 80-100%

Fig. 7. Change in the stock of stemwood of *P. menziesii* (1) and of the stand as a whole (2) with the inclusion of a coniferous species at a composition share of 80-100%

Загалом вивчення зміни запасу стовбурової деревини псевдотсуги в умовах свіжого грудку вказує на значну варіабельність цієї ознаки, подібно до показників середньої висоти та середнього діаметра. Причини цього явища полягають у різній участі *P. menziesii* в складі, широким віковим діапазоном досліджень, різною густотою деревного виду, зокрема у чистих насадженнях та господарським впливом.

Аналізуючи вирівняні значення запасу стовбурової деревини за прийнятими групами частки *P. menziesii* в складі деревостану, найбільший запас притаманний деревостанам з максимальною участю псевдотсуги.

Поряд з висотою, діаметром та запасом деревини, було досліджено зміну видового числа *P. menziesii* залежно від висоти її дерев (рис. 8). Найменшу збіжистість стовбура (0,57-0,64) спостережено у дерев віком 10-15 років, дещо більшу – у 16-22-річних екземплярів. Помітне зниження видового числа зафіксовано у дерев, починаючи з 30-річного віку, хоча цей показник також відзначається значною варіабельністю, і в основному залежить від участі *P. menziesii* в складі та густоти стояння дерев у деревостані. Коефіцієнт детермінації вказує на наявність зв'язку високої тісноти ( $r = 0,76$ ) між видовим числом та висотою псевдотсуги.

За результатами досліджень складено підсумкову таблицю зміни таксаційних показників *P. menziesii* залежно від віку і частки у складі де-

ревостану (табл.). Отже, зі збільшенням частки псевдотсуги у складі лісостану та його віку таксаційні показники деревного виду зростають, особливо інтенсивно – після 40-річного віку. Навіть при досягненні 100-річного віку *P. menziesii* зберігає високу інтенсивність росту за висотою.

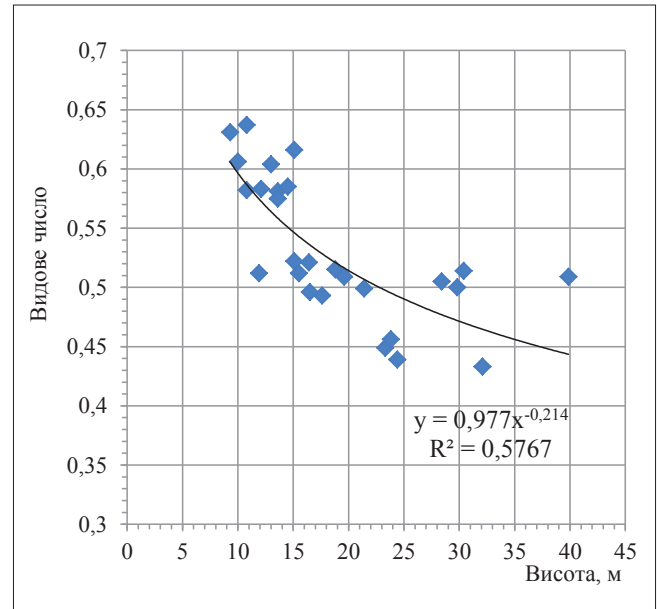


Рис. 8. Зміна видового числа *P. menziesii* у штучних лісових насадженнях залежно від висоти дерев

Fig. 8. The change in form factor of *P. menziesii* in artificial forest plantations depending on tree height

Таблиця. Зміна таксаційних показників *P. menziesii* залежно від віку і частки деревного виду у складі деревостану в умовах  $D_2$  Західного Лісостепу

Table. Changes in the mensuration indices of *P. menziesii* depending on the age and the share of the tree species in the stand composition in the  $D_2$  conditions of the Western Forest-Steppe

| Частка у складі, % | Кількість об'єктів, шт. | Досліджуваний віковий діапазон, років | Розмах за:  |               |                                            | Видове число | Клас бонітету    |
|--------------------|-------------------------|---------------------------------------|-------------|---------------|--------------------------------------------|--------------|------------------|
|                    |                         |                                       | висотою, м  | діаметром, см | запасом, $\text{м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ |              |                  |
| 10-20              | 12                      | 25-37                                 | 11,9 ÷ 20,2 | 11,6 ÷ 24,5   | 10 ÷ 40                                    | 0,585-0,513  | I-I <sup>b</sup> |
| 30-40              | 5                       | 25-38                                 | 10,8 ÷ 24,4 | 10,2 ÷ 34,9   | 32 ÷ 92                                    | 0,589-0,495  | I-I <sup>c</sup> |
| 50-70              | 4                       | 23-39                                 | 10,8 ÷ 23,8 | 12,9 ÷ 34,6   | 45 ÷ 194                                   | 0,589-0,498  | I-I <sup>c</sup> |
| 80-100             | 9                       | 33-105                                | 13,6 ÷ 39,8 | 15,9 ÷ 56,6   | 100 ÷ 1490                                 | 0,560-0,443  | I-I <sup>c</sup> |

Розмах значень *P. menziesii* за висотою у насадженнях 25-39-річного віку є доволі подібним. При цьому частка деревного виду у складі деревостану досить різна – від 10-20 до 50-70%. У насадженнях старшого віку (частка псевдотсуги 80-100%) розмах за висотою є помітно більшим. Значний розмах значень за висотою вказує на відсутність застосування практики рубок догляду низовим методом.

За діаметром у *P. menziesii* спостережено ще більший розмах значень.

Запас стовбурової деревини залежить від частки псевдотсуги у складі деревостану. Але навіть у межах конкретного вікового діапазону за конкретної частки *P. menziesii* у складі, запас її стовбурової деревини відзначається значним розмахом, що підтверджує суттєвий вплив лісгосподарських заходів на ростові процеси, що відбуваються у деревостані.

Достовірного зв'язку між видовим числом *P. menziesii* та її часткою у складі не встановлено.

**Дискусія (Discussion).** В умовах інтенсивного ведення лісового господарства процес штучного лісовирощування не може обмежуватися лише збором та узагальненням експериментальних даних, досвідом практичної діяльності та вивченням стійкості і продуктивності антропогенних екосистем. Під час дослідження фітоценозу перевагу потрібно надавати кількісним методам вивчення, оскільки окомірних оцінок, словесних описів властивостей та особливостей фітоценозу, які широко використовують у ботанічних дослідженнях, для вирішення проблеми успішного функціонування культур-фітоценозів недостатньо. На основі наукового узагальнення вище названих складових потрібне моделювання природних процесів росту і розвитку насаджень.

Виявивши розмірні показники дерев у конкретних типах лісорослинних умов, конкретному віці та в насадженнях певного складу, можна змоделювати такий «ідеальний» деревостан, прямувати до якого необхідно в процесі вирощування насаджень, насамперед – плантаційних з коротким оборотом рубки.

Під час закладання експерименту в рослинних угрупованнях практично складно витримати основний принцип лабораторного досліду – зберегти константність усіх чинників за винятком того, значення якого досліджується, і з цією метою змінюється в певних межах. У природних умовах у випадку вищлення для вивчення того чи іншого показника росту рослини, поряд з різновариантністю досліджуваного показника в певних межах (хоча і значно менше) варіюють й інші показники, форми взаємодії та умови середовища на різних ділянках. У зв'язку з цим, необхідна постановка додаткових досліджень і широке застосування методів статистичного аналізу результатів досліду.

У наших попередніх роботах (Дебринюк, Король, 2011) за результатами досліджень 44 насаджень *Picea abies* (L.) Karst. у віці 15-88 років також було відзначено високу варіабельність таксаційних показників деревного виду за віковими групами в умовах  $D_2$  Західного Лісостепу. Основна причина – інтенсивна господарська діяльність. Подібні висновки були зроблені дослідниками сосново-букових лісів на Розточчі (Myklush et al., 2022).

Результати досліджень зміни основних таксаційних показників – висоти, діаметра, запасу, площі поперечних січень *Larix decidua* Mill., *Larix leptolepis* Gord, *Larix eurolepis* Henry та *Pinus sylvestris* L. у свіжих і вологих сугрудах Західного Полісся також підтвердили наявність істотної вірогідної різниці в абсолютній величині зазначених таксаційних показників, причиною чого були два основних фактори – обмежена кількість варіантів досліджень в окремих вікових діапазонах та інтенсивна господарська діяльність у деревостанах за участю модрина (Белеля, Каганяк, Дебринюк, 2015).

У напрямі моделювання росту деревостанів є низка результатів досліджень інших авторів. Так, О.П. Бала, Є.Ю. Хань (2016) розробили динамічні бонітетні шкали, придатні для групування експериментальних даних з метою моделювання динаміки ходу росту інших таксаційних показників дуба звичайного у Лісостепу України. Однак ці напрацювання стосуються лише природних паростевих деревостанів. За результатами досліджень (Бала, Хань, 2015), вагомий вплив на ріст дуба звичайного мають його походження і типи лісорослинних умов. Дослідники здійснили групування у кластери для трьох основних таксаційних показників – середньої висоти, середнього діаметра та запасу.

Л.І. Копій та ін. (2018) здійснили моделювання основних лісівничо-таксаційних показників для березово-соснових деревостанів в умовах свіжого соснового бору. Досягнення максимальних біометричних показників дає змогу деревостану найкраще використовувати потенційну родючість ґрунту. Автори здійснили аналіз процесів росту деревостанів у зв'язку з інтенсивністю проведення рубок догляду. Встановлено суттєвий вплив господарських заходів на середні таксаційні показники деревостану, що дає розуміння процесу їхньої високої варіабельності.

П.І. Лакидою, І.С. Приліпком, М.Г. Сорокою (2016), І.С. Приліпком (2016) розроблено комплекс математичних моделей для оцінювання продукції стовбурової деревини та кори деревостанів берези повислої в умовах Чернігівського Полісся. Відзначено їхню високу продуктивність та щорічне забезпечення високого річного приросту продукції стовбурів дерев.

Моделювання таксаційної будови за діаметром модальних ялицевих деревостанів Українських Карпат з використанням шести функцій показало значну мінливість за цим показником (Портах, Король, 2018). На думку авторів, мінливість зумовлена, насамперед, тіньовитривалістю ялиці білої, яка може тривалий час знаходитись під наметом деревостану, а вийшовши в перший ярус, різко збільшує приріст за діаметром. Найпридатнішою функцією щільності розподілу виявився бімодальний розподіл Вейбулла, а найгірші результати показав гамма-розподіл. Ще одним важливим, не названим авторами чинником, є господарська діяльність в яличинах та суяличинах, що впливає, насамперед, на варіабельність насаджень за діаметром.

В.М. Ловинська (2018) здійснила моделювання надземної фітомаси компонентів стовбура сосни звичайної у штучних деревостанах Північного Степу за об'ємом деревини стовбура, об'ємом кори стовбура та об'ємом стовбура в корі. Встановлено, що надземна фітомаса деревини та стовбура в корі сосни збільшується із висотою та діаметром дерева. Водночас фітомаса компонента кори стовбура має тенденцію до зниження з висотою за сталої величини діаметра стовбура.

Отримані результати досліджень щодо зміни таксаційних показників деревних видів у конкретних типах лісорослинних умов можуть бути використані для вирішення конкретних задач в межах обмеженого вікового діапазону з використанням певної кількості основних і допоміжних параметрів залежно від дії природно-кліматичних та антропогенних чинників.

**Висновки (Conclusions).** Вивчення вікової зміни середніх показників висоти, діаметра і запасу стовбурової деревини у насадженнях за різної частки у складі *P. menziesii* в умовах свіжого грудку показало наявність від помірного до дуже тісного зв'язку між віком і згаданими таксаційними показниками.

У досліджуваних деревостанах встановлено зростання запасу стовбурової деревини зі збільшенням частки *P. menziesii* до 7-9 од. Мішані насадження псевдотсуґи віком 25-27 років та її часткою у складі 10-20% за запасом відзначається порівняно невисокою продуктивністю. Зі збільшенням віку насаджень зростає і частка *P. menziesii* у складі деревостанів, що позначається на їхній продуктивності.

Насадження *P. menziesii* у віці 21-40 років переважно характеризується I<sup>a</sup>-I<sup>b</sup>, в 45-50 р. – I<sup>d</sup>, в 60-70 р. – I<sup>b</sup>-I<sup>c</sup> класами бонітету. Навіть 105-річне насадження відзначається високою інтенсивністю росту та відповідає I<sup>c</sup> класу бонітету.

Варіабельність за діаметром *P. menziesii* у досліджених насадженнях за частки деревного виду в межах 10-100% помітно вища, ніж за висотою. Можна припустити, що ступінь конкуренції між псевдотсуґою та іншими деревними видами у насадженні значно помітніше відображається на рості за діаметром, ніж за висотою.

Тіснота зв'язку між участю псевдотсуґи та запасом деревостану в межах дослідженого вікового діапазону є дуже високою (> 0,91) як для насаджень в цілому, так і для частки запасу псевдотсуґи в них зокрема. Чим насадження старше, тим більша участь *P. menziesii* в ньому, тим більший вплив деревного виду на запас деревостану.

Кінцевих рекомендацій виробництву щодо початкової густоти садіння та наступної оптимальної частки *P. menziesii* в складі деревостану, яка б забезпечувала його максимальну продуктивність, встановити не вдалось. Причини полягають в обмеженій кількості об'єктів для дослідження та господарським втручанням у процеси росту насаджень. Крім того, із збільшенням віку внаслідок інтенсифікації росту частка псевдотсуґи у загальному запасі деревостану зростає, що також необхідно враховувати під час проектування лісокультурних заходів та проведення лісівничих доглядів за насадженнями за участю деревного виду. Оптимальним варіантом повинно стати моделювання основних таксаційних показників *P. menziesii* у віковій динаміці за певної частки

деревного виду у складі в конкретному типі лісорослинних умов.

Встановлені зміни основних таксаційних показників *P. menziesii* у штучних насадженнях у поєднанні з оптимізацією лісгосподарських заходів дають змогу приймати раціональні рішення та визначати пріоритетні напрями ведення лісового господарства у насадженнях псевдотсуґи в умовах свіжого грудку західного регіону України.

## Список літератури (References)

- Бала, О.П., Хань, Є.Ю. (2016). Моделювання динаміки середньої висоти модальних деревостанів дуба звичайного вегетативного походження Лісостепу України. *Науковий вісник НЛТУ України*, 26(5), 22-27. [Bala, O.P., & Han, E.Yu. (2016). The Modeling of Middle Height Dynamic of Vegetative Origin Modal Oak Stands Growth in Ukrainian Forest-Steppe Zone. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 26(5), 22-27. <https://doi.org/10.15421/40260503>] (in Ukrainian)
- Бала, О.П., Хань, Є.Ю. (2015). Статистичні передумови моделювання росту модальних деревостанів дуба звичайного вегетативного походження Лісостепу України. *Науковий вісник НЛТУ України*, 25(9), 19-23. [Bala, O.P., & Khan, E.Yu. (2015). Preliminary Statistical Analysis of Vegetative Origin Oak Stands Growth in Ukrainian Forest-Steppe Zone. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 25(9), 19-23. <https://doi.org/10.15421/40250903>] (in Ukrainian)
- Белеля, С.О., Каганяк, Ю.Й., Дебринюк, Ю.М. (2015). Динаміка таксаційних показників модрини у лісових насадженнях Західного Полісся. *Науковий вісник НЛТУ України*, 25(4), 24-29. [Belelya, S.O., Kaganjak, Yu.Yo., & Debryniuk, Iu.M. (2015). The Dynamics of taxation indicators in larch forest stands of the West Polissya. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 25(4), 24-29. Retrieved from <https://nv.nltu.edu.ua/index.php/journal/article/view/1238>] (in Ukrainian)
- Дебринюк, Ю.М., Король, М.М. (2011). До питання про оптимізацію густоти ялинових деревостанів у Західному Лісостепу України. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 9, 113-117. [Debryniuk, Iu.M., & Korol, M.M. (2011). Growth and productivity modeling of *Picea abies* [L.] Karst. plantations as forest plantations prototype in the western region of Ukraine. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 9, 113-117. Retrieved from <http://fasu.nltu.edu.ua/index.php/nplanu/article/view/379>] (in Ukrainian)
- Копій, Л.І., Фізик, І.В., Баран, С., Каганяк, Ю.Й., Копій, С.Л., Чаплик, О.А., ... Преснер, Р.Б. (2018). Динаміка таксаційних показників березово-соснових деревостанів в умовах свіжого соснового

- бору та їх короткотерміновий прогноз. *Науковий вісник НЛТУ України*, 28(1), 14-19. [Korpiy, L.I., Fyzik, I.V., Baran, S., Kaganiak, Yu.J., Korpiy, S.L., Chaplyk, O.A., ... Presner, R.B. (2018). The dynamics of mensurational indices and their short-term prediction in birch-pine stands under A<sub>2</sub> type conditions (Fresh infertile pine site type). *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 28(1), 14-19. <https://doi.org/10.15421/40280102>] (in Ukrainian)
- Кучеренко, Є.І., Кучеренко, В.Є., Глушенкова, І.С., Творошенко, І.С. (2012). *Методи, моделі та інформаційні технології оцінювання станів складних об'єктів*. Харків: Харківська національна академія міського господарства; Харківський національний університет радіоелектроніки. [Kucherenko, E.I., Kucherenko, V.E., Glushenkova, I.S., & Tvoroshenko, I.S. (2012). *Methods, models and information technologies for assessing the state of complex objects*. Kharkiv: Kharkiv National Academy of Urban Economy; Kharkiv National University of Radio Electronics. Retrieved from [https://gis.kname.edu.ua/images/Files/Monografya\\_2012.pdf](https://gis.kname.edu.ua/images/Files/Monografya_2012.pdf)] (in Ukrainian)
- Лакида, П.І., Приліпко, І.С., Сорока, М.Г. (2016). Особливості моделювання стовбурової продукції деревостанів берези повислої у Чернігівському Поліссі. *Науковий вісник НЛТУ України*, 26(7), 24-30. [Lakyda, P.I., Prilipko, I.S., & Soroka, N.G. (2016). The Features of simulation of stem products of silver birch stands in Chernihiv Polissya. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 26(7), 24-30. <https://doi.org/10.15421/40260703>] (in Ukrainian)
- Ловинська, В.М. (2018). Надземна фітомаса стовбурів *Pinus sylvestris* L. у деревостанах Північного Степу України. *Науковий вісник НЛТУ України*, 28(8), 79-82. [Lovynska, V.M. (2018). Aboveground phytomass of the trunk of *Pinus sylvestris* L. stands within northern steppe of Ukraine. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 28(8), 79-82. <https://doi.org/10.15421/40280816>] (in Ukrainian)
- Портах, С.В., Король, М.М. (2018). Порівняння шести функцій щільності розподілу для моделювання таксаційної будови за діаметром модальних ялицевих деревостанів Українських Карпат. *Науковий вісник НЛТУ України*, 28(6), 39-42. [Portakh, S.V., & Korol, M.M. (2018). Comparison of six probability density functions for modeling diameter distribution structure of modal fir stands of the Ukrainian Carpathians. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 28(6), 39-42. <https://doi.org/10.15421/40280607>] (in Ukrainian)
- Приліпко, І.С. (2016). Продукція стовбурової деревини та кори дерев берези повислої у деревостанах Чернігівського Полісся. *Науковий вісник НЛТУ України*, 26(5), 140-146. [Prilipko, I. (2016). The Production of Stemwood and Bark of Birch in Chernigiv Polissya. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 26(5), 140-146. <https://doi.org/10.15421/40260521>] (in Ukrainian)
- Фучило, Я.Д. (2011). *Плантаційне лісовирощування: теорія, практика, перспективи*. Київ: Логос. [Fuchylo, Y.D. (2011). *Plantation forestry: theory, practice, perspectives*. Kyiv: Logos] (in Ukrainian)
- Цурик, Є.І. (2008). *Таксація динаміки деревостанів*. Львів: Вид-во НЛТУ України. [Tsuryk, E.I. (2008). *Taxation of tree stand dynamics*. Lviv: Publishing House of Ukrainian National Forestry University] (in Ukrainian)
- Gadow, v K. (1987). *Untersuchungen zur konstruktion von Wuchsmodellen für schnellwüchsige Plantagenbaumarten*. Forstliche Forschungsberichte. München. Nr 77. [Gadow, v. K (1987). *Studies on the construction of growth models for fast-growing plantation tree species*. Forest Research Reports. Munich. No. 77. Retrieved from <https://www.waldwachstum.wzw.tum.de/fileadmin/publications/257.pdf>] (in German)
- Gadow, v K. (2001). *Waldwachstum*. Fakultät für Forstwissenschaften und Waldökologie. Georg-August-Universität Göttingen. [Gadow, v K. (2001). *Forest growth*. Faculty of Forest Sciences and Forest Ecology. Georg August University of Göttingen] (in German)
- Gadow, v K., & Hui, G.Y. (1999). *Modelling Forest Development*. Kluwer Academic Publishers, Povoedrecht (Boston) London.
- Gadow, v K., & Hui, G. (2014). *Modelling Forest Development*. Part of the book series: *Forestry Sciences*, 57. <https://doi.org/10.1007/978-94-011-4816-0>
- Hall, D., & Bailey, R. (2001). Modeling and prediction of forest growth variables based on multilevel nonlinear mixed models. *Forest Science*, 47(3), 311-321. <https://doi.org/10.1093/forests/47.3.311>
- Hall, D., & Clutter, M. (2004). Multivariate multilevel nonlinear mixed effects models for timber yield predictions. *Biometrics*, 60(1), 16-24. <https://www.jstor.org/stable/3695547>
- Myklush, Yu, Myklush, S., Debryniuk, Iu., & Hayda, Yu. (2022). Formation of European beech stands (*Fagus sylvatica* L.) that involve Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in tree species composition in the Ukrainian Roztochie. *Folia Forestalia Polonica, Series A – Forestry*, 64(2), 83-89. <https://doi.org/10.2478/ffp-2022-0008>
- Myklush, S., Myklush, Yu., Debryniuk, Iu., & Prystupa, R. (2024). Change in the productivity of stands of the spruce (*Picea abies* L.) mountain Carpathian forests district over a 70-year period. *Folia Forestalia Polonica, Series A – Forestry*, 66(2), 61-71. <https://doi.org/10.2478/ffp-2024-0006>
- Pretzsch, H. (1992). *Konzeption und Konstruktion von Wuchsmodellen für Rein- und Mischbestände*. München: Forstliche Forschungsberichte. [Pretzsch, H. (1992). *Conception and construction of growth models for pure and mixed stands*. Munich: Forest Research Reports] (in German)
- Pretzsch, H. (2001). *Modellierung des Waldwachstums*. Berlin: Parey Buchverlag. [Pretzsch, H. (2001). *Modeling of forest growth*. Berlin: Parey Publishing House] (in German)

## Formation of forest mensuration indicators of *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco in artificial plantations of the western region of Ukraine

Iu. Debryniuk<sup>1</sup>, S. Myklush<sup>2</sup>, Yu. Myklush<sup>3</sup>

The plantations involving *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco were studied in various forest-growth conditions of the Western Forest-Steppe, represented by different numbers of plots with varying participation of the studied tree species in the stand composition, ranging from 5% to 100%. The most widely represented in the conditions of the region are plantations with the participation of Douglas fir (*Pseudotsuga*) in the conditions of fresh fertile site type ( $D_2$ ), where 30 plantations were sampled. Therefore, the research results specifically pertain to these forest-growth conditions.

Due to the significant variability of the share of *P. menziesii* in the stand composition, the plantations were divided into four groups based on the share percentage of the tree species (10-20%; 30-40%; 50-70%; 80-100%). The number of studied plantations within these groups was 12, 5, 4, and 9, respectively. Most of the studied plots are characterised by the share of the tree species in the stand composition of artificial plantations up to 40%.

The study of age-related changes in the average height, diameter, and volume of stemwood in plantations with varying shares of *P. menziesii* in fresh fertile site types revealed a moderate to very close relationship between age and the aforementioned forest mensuration indices. Among the stands involving *P. menziesii*, the highest volume of stemwood is found in stands where the tree species composition is at the level of 7-9 units.

In the age range of 25-37 years, the growth of Douglas fir in mixed plantations is characterised by a relatively low intensity, and with a low initial share

in the stand composition, it constitutes 10-20% of the stemwood volume. As age increases, the growth intensity of the tree species rises, along with its proportion in the composition of the plantation.

In young stands (21-40 years old), the site index of *P. menziesii* is within classes I<sup>a</sup>-I<sup>b</sup>; at the age of 45-50 years, it has class I<sup>d</sup>; and at the age of 60-70 years, it is within classes I<sup>b</sup>-I<sup>c</sup>. Even in a plantation aged 105 years, the tree species maintains a high growth intensity (site index class I<sup>c</sup>).

The observed variability in diameter change of *Pseudotsuga menziesii* across plantations, where the species' share ranges from 10 to 100%, significantly exceeds the variability in height growth. This suggests that interspecific competition within the plantation is much more noticeably reflected in diameter increment than in height growth.

Furthermore, the correlation between *Pseudotsuga menziesii* presence and the stand growing stock within the studied age range demonstrates a notably high value ( $> 0.91$ ) applying both to the plantations as a whole and specifically to the proportion of growing stock of Douglas fir within them. As stand age increases, the relative presence of *Pseudotsuga menziesii* consistently rises, thereby amplifying its impact on the total stand volume.

It was not possible to establish final recommendations regarding optimising the initial planting density and the subsequent optimal proportion of *Pseudotsuga menziesii* within stand composition, which would ensure its maximum productivity. This limitation arises from the restricted sample size (limited number of objects for studies) and economic interventions impacting the growth dynamics of the plantations. Moreover, as *Pseudotsuga* matures, its growth rate intensifies, leading to an increasing share of the species within the total stand volume over time, which also needs to be taken into account when designing afforestation strategies and forest management practices to support sustainable stand development and productivity in mixed-species plantations.

The optimal strategy for *Pseudotsuga menziesii* plantation management involves modelling key measurement parameters, such as height, diameter, and stemwood volume, as they evolve with age, considering specific proportions of the species within distinct forest-growth conditions.

The documented age-related trends in *Pseudotsuga menziesii* measurement parameters within artificial plantations, combined with the optimization of forestry activities, will facilitate informed decision-making and allow for making rational decisions and determining priority directions for management strategies for *Pseudotsuga* plantations in fresh fertile site types in the western region of Ukraine.

**Key words:** tree height; tree diameter; stemwood volume; form factor, modelling mensuration indices; correlation strength.

<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 at the Department of Forest Crops and Forest Selection, Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: 032-235-30-12. E-mail: debryniuk\_ju@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0994-349X>

<sup>2</sup> Stepan Myklush – Full Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Doctor of Agricultural Sciences, Director of Educational and Research Institute of Forestry and Park Gardening, Professor at the Department of the Forest Inventory and Forest Management, Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: 032-237-10-45. E-mail: msi\_s@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9762-1190>

<sup>3</sup> Yuriy Myklush – PhD in Agricultural Sciences, associate professor at the Department of Forest Inventory and Forest Management, Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: 032-239-27-46. E-mail: y.myklush@ntu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1940-1045>



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

<http://fasu.nltu.edu.ua>  
<https://doi.org/10.15421/412420>

Article received 2023.11.14  
Article accepted 2024.10.18

ISSN 1991-606X print  
ISSN 2616-5015 online

@ ✉ Correspondence author

Petro Lakyda  
[petro.lakyda@ukr.net](mailto:petro.lakyda@ukr.net)  
6 Bolsunovska st., Kyiv, 01601, Ukraine

УДК 630\*5/6

## Продуктивність та екологічні функції самосійних соснових лісів Українського Полісся

П.І. Лакида<sup>1</sup>, В.І. Блищик<sup>2</sup>

*Збільшення лісистості території України та приведення її до оптимальних параметрів в умовах глобальної зміни клімату, загарбницької та агресивної війни росії як до українського соціуму так і довкілля, вимагає пошуку адекватних механізмів збереження і примноження лісових формацій. Поряд з реалізацією програми Президента України «Зелена країна», над якою успішно працюють лісівники країни і суспільство в цілому, особливої уваги заслуговує збереження та лісогосподарське впорядкування самосійних лісів, створених природою на землях сільськогосподарського призначення.*

*В Українському Поліссі ця категорія самозалісених земель набула чи не найбільшої представленості в країні через доволі високу лісистість регіону, де лісові масиви межують з сільськогосподарськими землями, які за часи незалежності України втратили рентабельність обробітку їхніми власниками. Основним лісотвірним деревним видом, який трапляється у цих самосійних лісах, є сосна звичайна, що й стало об'єктом дослідження.*

*За спеціально опрацьованою методикою у п'яти областях Українського Полісся (Волинська, Рівненська, Житомирська, Київська та Чернігівська) закладено 23 тимчасових пробних площі з рубкою й поліфракційною оцінкою 76 модельних дерев у самосійних лісах з домінуванням сосни звичайної.*

*Встановлено, що природні соснові деревостани на землях сільськогосподарського призначення є високопродуктивними, ростуть переважно за I<sup>a</sup> і вище класами бонітету з відносною повнотою, яка зазвичай перевищує 1,0 (іноді сягає до 2,0 одиниць), що свідчить про необхідність опрацювання відповідної лісотаксаційної нормативної бази для комплексного оцінювання цієї категорії насаджень.*

*Обсяги нагромадження і темпи депонування вуглецю самосійними сосновими лісами залежать від продуктивності деревостанів, маси фотосинтетичного апарату (хвої) та показників базисної щільності компонентів фітомаси. Середня щільність стовбурової деревини складає 341 кг·(м<sup>3</sup>)<sup>-1</sup>, яка є істотно нижчою, порівняно з іншими категоріями сосняків (штучні, природні) досліджуваного регіону, що зумовлено високим вмістом вологи у деревині в молодому віці та відносно багатими ґрунтовими умовами колишніх сільськогосподарських земель. Маса хвої у самосійних лісах є більшою, порівняно з іншими деревостанами на 10,0-55,0%, що істотно впливає на формування поточного приросту деревини і, відповідно, нагромадження вуглецю.*

*Самосійні соснові ліси в Українському Поліссі вже у 10-річному віці можуть нагромаджувати до 30 т вуглецю на 1 га, що є істотним внеском у загальний баланс реалізації екосистемної функції лісів.*

**Ключові слова:** покинуті сільськогосподарські угіддя; сосна звичайна; щільність компонентів фітомаси; продуктивність; екологічні функції; депонований вуглець.

<sup>1</sup> Лакида Петро Іванович – академік Лісівничої академії наук України, Перший віце-президент ЛАН України, Заслужений діяч науки і техніки України, доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувач сектору наукового забезпечення ДП «Ліси України», вул. Болсунівська, 6, м. Київ, 01601, Україна. E-mail: [petro.lakyda@ukr.net](mailto:petro.lakyda@ukr.net) ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3639-2969>

<sup>2</sup> Блищик Володимир Іванович – кандидат сільськогосподарських наук, доцент. Національний університет біоресурсів і природокористування України, вул. Героїв оборони, 15, м. Київ, 03041, Україна. Тел.: +380-44-527-81-53. E-mail: [blyshh@nubip.edu.ua](mailto:blyshh@nubip.edu.ua) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5440-3142>

**Вступ (Introduction).** Реформування агропромислового комплексу України на зорі її незалежності та розпаду колективних підприємств призвело до припинення обробітку значної площі земельних ділянок сільськогосподарського призначення. Цей аспект стосується малопродуктивних земель, насамперед піщаних ґрунтів Поліського регіону та кам'янистих ділянок у Карпатах. Внаслідок цього розпочалося їхнє природне заростання лучною та лісовою рослинністю. Таким чином на теренах колишніх полів з'явилися самосійні ліси. Частина таких ділянок має власників, однак більшість знаходиться у державній чи комунальній власності у складі «земель запасу» (земель, не наданих у власність чи користування) (Гриник, Василюк, 2019).

До 2022 р. самосійні ліси були «необлікованими лісами», оскільки юридично лісом вони не вважалися (Про внесення змін..., 2022). За різними оцінками, зокрема за матеріалами дешифрування супутникових знімків, виконаного ВО «Укрдержліс-проект», у країні виявлено понад 1,8 млн га лісових насаджень поза межами лісового фонду. Значну частину з них займають самосійні ліси, які офіційно такими не вважаються, оскільки є землями сільськогосподарського призначення, де-юре вони – рілля та пасовища (Засідання розширеної ..., 2024).

Зі стартом ринку сільськогосподарських земель в Україні та розвитку агрохолдингів, власники або орендарі самозалісених ділянок почали активно їх розкорчовувати з подальшим вирощуванням високорентабельних сільськогосподарських культур (переважно соняшника чи кукурудзи) (Блищик, 2021). Однак, враховуючи площу розораних земель в Україні (станом на 01.01.2020 р. тільки рілля становила 32757,3 тис. га [Вернер, 2021]), узаконення самосійних лісів дасть змогу істотно збільшити площу лісів України, що вже на сьогодні та в майбутньому сприятиме не тільки підвищенню ресурсно-економічного потенціалу держави, але й виконання ними основних екологічних функцій (киснепродукування, вуглецедепонування тощо) (Fisher, & Turner, 2008).

У зв'язку з цим, високою актуальністю відзначається питання оцінювання стану й моделювання росту і продуктивності цієї категорії лісів та виконання ними основних екологічних функцій.

*Об'єкт дослідження* – біопродукційні процеси у самосійних соснових лісах на землях сільськогосподарського призначення в Українському Поліссі та їх вплив на вуглецевий бюджет. *Предмет дослідження* – стан і динаміка продуктивності самосійних соснових деревостанів та виконання ними екологічних функцій.

*Мета роботи* – оцінити продуктивність та виконання окремих екологічних функцій самосійними сосновими лісами Українського Полісся.

**Об'єкти та методика дослідження (Objects and methods).** Інформаційною базою дослідження слугували дослідні дані тимчасових пробних

площ, закладені в самосійних соснових лісах Українського Полісся, картографічні та атрибутивні бази даних лісового фонду досліджуваного регіону, а також літературні джерела із зазначеної проблематики.

Методологія досліджень базується на принципах системного підходу з використанням методів аналізу, синтезу, спостереження та моделювання. В результаті проведених досліджень опрацьовано методичний підхід дешифрування космічних знімків з ідентифікацією самосійних лісів, методику закладання тимчасових пробних площ, яка враховує особливості розміщення та заростання цієї категорії лісів на покинутих сільськогосподарських землях, алгоритм вимірювання лісівничо-таксаційних показників та моделювання їхнього росту і продуктивності. За результатами польових досліджень та їх камеральним опрацюванням сформована база даних тимчасових пробних площ з оцінюванням параметричної структури лісівничо-таксаційних показників та надземної біомаси досліджуваних дерев і деревостанів.

Закладання пробних площ (ПП) у самосійних лісах на землях сільськогосподарського призначення здійснювали за апробованою методикою в період вегетації рослин – з середини червня до кінця вересня. Під час опрацювання цієї методики враховано загальноприйняті лісотаксаційні нормативи (Площі пробні лісовпорядні, 2006; Про затвердження Порядку ..., 2021) та методику оцінювання фітомаси П. І. Лакиди (2002), відповідно до якої комплекс нормативів базується на закономірностях будови деревостанів за діаметром та моделях фітомаси. Зазвичай під час виконання робіт зі збору даних для визначення біопродуктивності українських лісів дослідники закладали тимчасові пробні площі (Лакида, 2002; Лакида, Блищик, 2010; Лакида та ін., 2012; Лакида, Блищик В., Блищик І., 2017; Білоус, 2021), тобто такі, в яких вимірювання показників здійснюють лише один раз. Зважаючи на молодий вік самосійних лісів і перспективи подальших досліджень, пробні площі в них закладали з можливістю проведення повторних замірів. Внаслідок такого підходу за своїм призначенням пробні площі є постійними, однак було виконано лише початкове вимірювання таксаційних ознак і в цій роботі надалі використовуватимемо термін «пробна площа» без уточнення її типу.

Зважаючи на варіабельність росту дерев на самозалісених сільськогосподарських землях, збір дослідних даних проводили на кругових пробних площах постійного радіуса, пропорційно розмірам дерев і густоті деревостану. Іншою важливою передумовою такого вибору була необхідність забезпечити можливість використання отриманих результатів для дешифрування самозалісених ділянок методами дистанційного зондування Землі та національної інвентаризації лісів. У процесі дослідження закладали кругові пробні площі (КПП) радіусом 5,64 м (відповідає 100 м<sup>2</sup>), 7,98 м (відпові-

дає 200 м<sup>2</sup>) чи 12,62 м (відповідає 500 м<sup>2</sup>), як такі, що забезпечують певний компроміс між ймовірними помилками і точністю лісооблікових робіт. Розмір пробної площі вибирали під час обстеження самосійного лісового насадження на місцевості залежно від його віку і густоти.

Дослідження особливостей росту та екосистемних функцій самосійних лісів здійснено на території північної частини Українського Полісся. Загалом було закладено 23 пробні площі у соснових самосійних лісах зі зрубуванням і поліфракційним оцінюванням 76 модельних дерев (табл. 1).

**Таблиця 1. Розподіл кількості пробних площ за адміністративними областями**

**Table 1. Distribution of the number of sample plots by administrative regions**

| Адміністративна область | Волинська | Рівненська | Житомирська | Київська | Чернігівська |
|-------------------------|-----------|------------|-------------|----------|--------------|
| Кількість ПП, шт.       | 3         | 12         | 2           | 4        | 2            |

Дослідження проводили переважно в чистих соснових насадженнях, і лише на восьми пробних площах у домішці були присутні береза повисла, граб звичайний, вільха клейка та осика. Крім того, на 14-ти пробних площах в окрему категорію виділяли сухостійні дерева.

Для виявлення закономірностей розподілу таксаційних показників деревостанів за результатами таксаційного оцінювання пробних площ, що характеризують самосійні деревостани сосни звичайної, та визначення їх однорідності, було сформовано робочий масив даних і проведений їхній статистичний аналіз. Значення основних статистик (середнє арифметичне значення, мінімальне та

максимальне значення, середнє квадратичне відхилення) у натуральних величинах для досліджуваних деревостанів наведено в табл. 2.

Варто зазначити, що діапазон середнього віку досліджуваних деревостанів становить 6-18 років, що загалом характеризує вік найпоширеніших соснових самосійних лісів. Величини середніх діаметра і висоти є взаємозалежними, їхні стандартні відхилення однакові. Всі інші показники (сума площ поперечних перерізів, поточний приріст, кількість дерев на 1 га і запас у корі) мають чималу відмінність між мінімальним і максимальним значеннями, незважаючи на невеликий розмах середнього віку.

**Таблиця 2. Статистична характеристика таксаційних показників соснових деревостанів на самозалісених землях**

**Table 2. Statistical characteristics of forest stand parameters of pine stands in self-seeded areas**

| Таксаційний показник                                             | Мінімальне значення | Максимальне значення | Середнє арифметичне значення | Стандартне відхилення |
|------------------------------------------------------------------|---------------------|----------------------|------------------------------|-----------------------|
| Середній вік, років                                              | 6                   | 18                   | 11,8                         | 3,5                   |
| Середній діаметр, см                                             | 3,2                 | 14,2                 | 7,2                          | 2,4                   |
| Середня висота, м                                                | 2,1                 | 11,2                 | 6,3                          | 2,4                   |
| Сума площ поперечних перерізів, м <sup>2</sup> ·га <sup>-1</sup> | 1,18                | 48,48                | 21,5                         | 13,0                  |
| Поточний приріст, м <sup>3</sup> ·га <sup>-1</sup>               | 0,71                | 27,19                | 11,5                         | 7,1                   |
| Кількість дерев, шт.·га <sup>-1</sup>                            | 880                 | 12600                | 5598                         | 3498                  |
| Запас у корі, м <sup>3</sup> ·га <sup>-1</sup>                   | 3,2                 | 248,7                | 102                          | 76                    |

**Результати (Results).** Зважаючи на молодий вік самосійних соснових лісів на землях сільськогосподарського призначення, можна виокремити такі пріоритетні екосистемні функції: поглинання та утримання вуглецю (особливо в ґрунті й підземною частиною деревних рослин); утворення біомаси; нагромадження в ній енергії; киснепродукування. Безперечно, що на екосистемні функції самосійних лісів (швидкість утворення первинної продукції, біомаси тощо) впливатиме стадія вто-

ринної сукцесії, екологічні та еволюційні процеси, які в них відбуваються. Через значну кількість факторів, що взаємодіють під час відновлення екосистеми, складно спрогнозувати характер сукцесії, а, отже, ріст і продуктивність цих лісів. Проте експериментальними дослідженнями встановлено, що природні соснові насадження на землях сільськогосподарського призначення ростуть за високим класом бонітету (рис. 1). Особливо явно ця тенденція прослідковується у деревостанах молодого віку

внаслідок залишкового нагромадження поживних речовин у ґрунті колишніх сільськогосподарських земель.

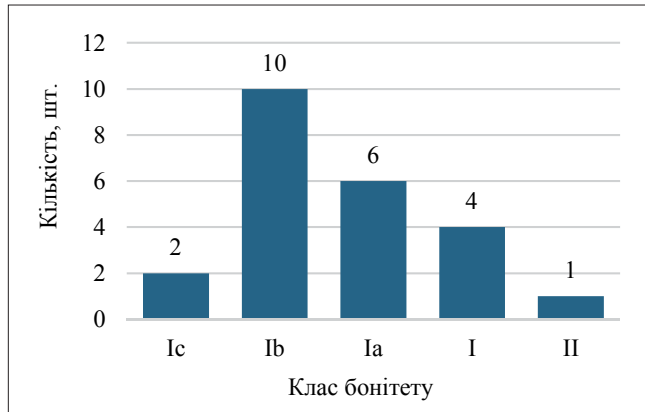


Рис. 1. Розподіл пробних площ за класами бонітету

Fig. 1. Distribution of sample plots by site indices

Однією із важливих таксаційних ознак, яка характеризує продуктивність деревостану, є середня висота та її динаміка. На рис. 2 наведено ріст у висоту самосійних соснових лісів I<sup>a</sup> класу бонітету порівняно зі штучними (Лакида, Терент'єв, Васишин, 2012) та природними (Лакида, Алексіук, 2017) деревостанами Українського Полісся. Аналізуючи дані за відсотками між ними у певні періоди віку варто відзначити, що енергія росту у висоту самосійних лісів помітно перевищує таку ж у соснових штучних і природних лісах. Істотну відмінність спостережено у віці 10 років – порівняно як з природними (+35,6%), так і штучними (+22,2%) деревостанами. Однак її подальша динаміка свідчить про згладжування різниці тренду росту зі штучними сосновими деревостанами, тоді як з природними сосняками навіть у віці 50 років відхилення значуще і складає +11,8%. Зі збільшенням класу бонітету ця відмінність є істотною.

Для оцінювання загальної продуктивності самосійних соснових лісів доцільно проаналізувати параметричну структуру основних таксаційних показників деревостанів на 1 га, отриманих за ре-

зультатами таксації пробних площ, таких як кількість дерев, середній запас стовбурової деревини та відносна повнота (рис. 3). Варто відзначити високу дисперсію досліджуваних таксаційних показників навіть у межах одного вікового діапазону, що зумовлено, насамперед, наближеністю самосійної ділянки до стіни лісу, типом рельєфу, трофністю ґрунтових умов, відсутністю будь-яких лісгосподарських заходів тощо. Потрібно відмітити високу відносну повноту самосійних лісів, яка зазвичай перевищує 1,0 і за стандартними таблицями оцінювання відносної повноти для соснових деревостанів Українського Полісся іноді сягає понад 2,0 одиниць (Білоус та ін., 2021), що підтверджує необхідність опрацювання відповідних нормативів для оцінювання цієї категорії деревостанів.

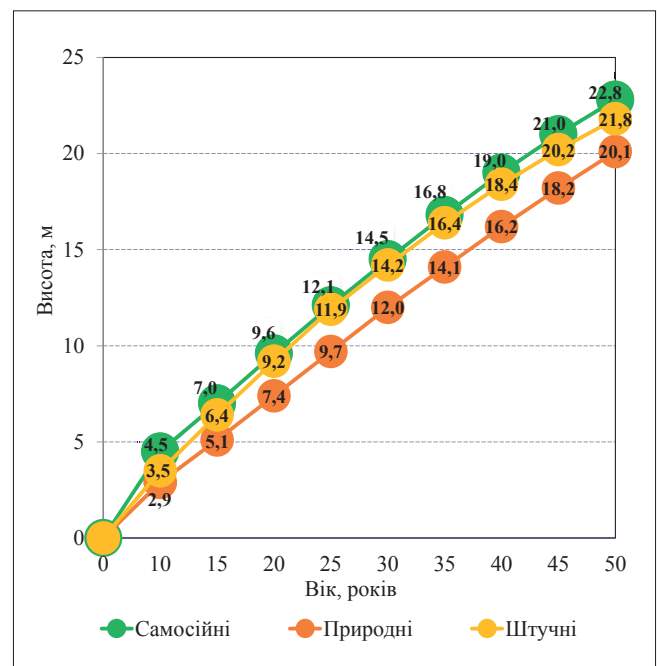


Рис. 2. Ріст у висоту соснових насаджень I<sup>a</sup> класу бонітету Українського Полісся

Fig. 2. Height growth of pine stands of site index I<sup>a</sup> of the Ukrainian Polissia

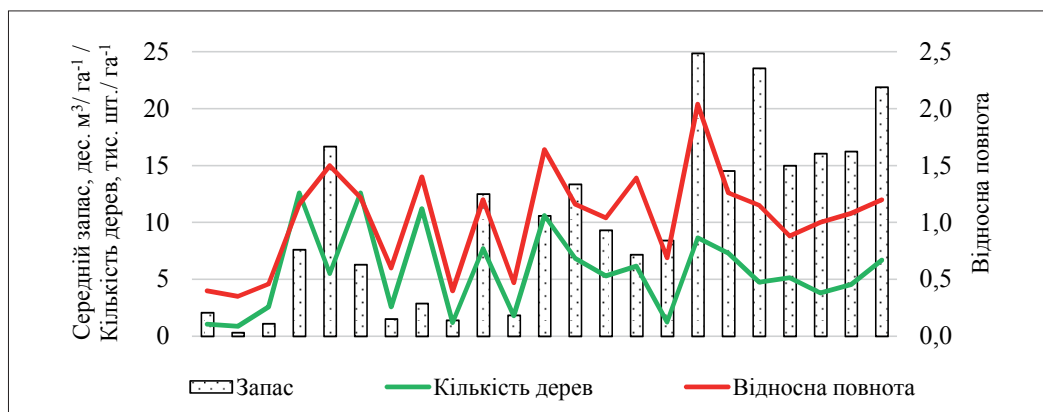


Рис. 3. Основні таксаційні показники самосійних соснових лісів за даними пробних площ

Fig. 3. The main forest stand parameters of naturally regrown pine forests according to the data of sample plots

**Дискусія (Discussion).** Аналіз параметричної структури продуктивності самосійних соснових лісів Українського Полісся є базисом для оцінювання їхніх екологічних функцій, що на етапі протидії глобальним змінам клімату і ролі лісових екосистем у вирішенні цієї проблеми, є пріоритетним напрямом досліджень світової лісівничо-екологічної спільноти (Пастернак, Приходько, Гірс, 2021; Lesnik et al., 2022; Irland Lloyd et al., 2023; Криницький та ін., 2023). Однією з основних досліджуваних екологічних функцій деревостанів є депонування вуглецю (обсяги нагромадження, темпи депонування тощо). Самосійні ліси – як природно створені екосистеми у цьому напрямі досліджені недостатньо.

Одним із базових показників, що впливає на обсяги депонування вуглецю деревами та деревостанами, є базисна щільність основних компонентів фітомаси (деревини, кори) у стовбурі, гілках крони та коренях. Найістотніший вплив на обсяги депонування вуглецю мають параметри базисної щільності стовбурів дерев сосни, адже частка останніх змінюється в межах 60,0-70,0% від загальної фітомаси дерева.

Показники середньої базисної щільності стовбурів дерев сосни, що характеризують самосійні ліси Українського Полісся, за результатами ек-

периментальних досліджень становили: деревини –  $341 \text{ кг} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$ , кори –  $277 \text{ кг} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$ , і деревини + кори –  $327 \text{ кг} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$  (Блищик, 2022). Порівняно з результатами інших досліджень соснових деревостанів [штучні соснові деревостани Черкаського бору (Лакида, Шамрай, 2013), штучні соснові деревостани Полісся та Лісостепу України (Лакида, 2002), штучні соснові деревостани на староорних землях Київського Полісся (Лакида та ін., 2012) та природні соснові деревостани, що ростуть у Київській області (Василишин та ін., 2019)], які різняться за походженням, лісорослинною зоною та віком, очікувано набувають дещо вищих значень порівняно з самосійними сосняками, що підтверджує попередні висновки про високий вміст вологи у деревині в молодому віці (рис. 4). Окрім того, ґрунтові умови (структура, механічний склад, родючість, вологість тощо) також мають значний вплив на формування пізньої деревини, а, отже, і її щільності.

Отримані середні значення базисної щільності деревини та кори стовбурів можна також використовувати під час вагового способу обліку деревної продукції соснових насаджень, що природним шляхом з'явилися на землях, які були виведені з сільськогосподарського обігу.

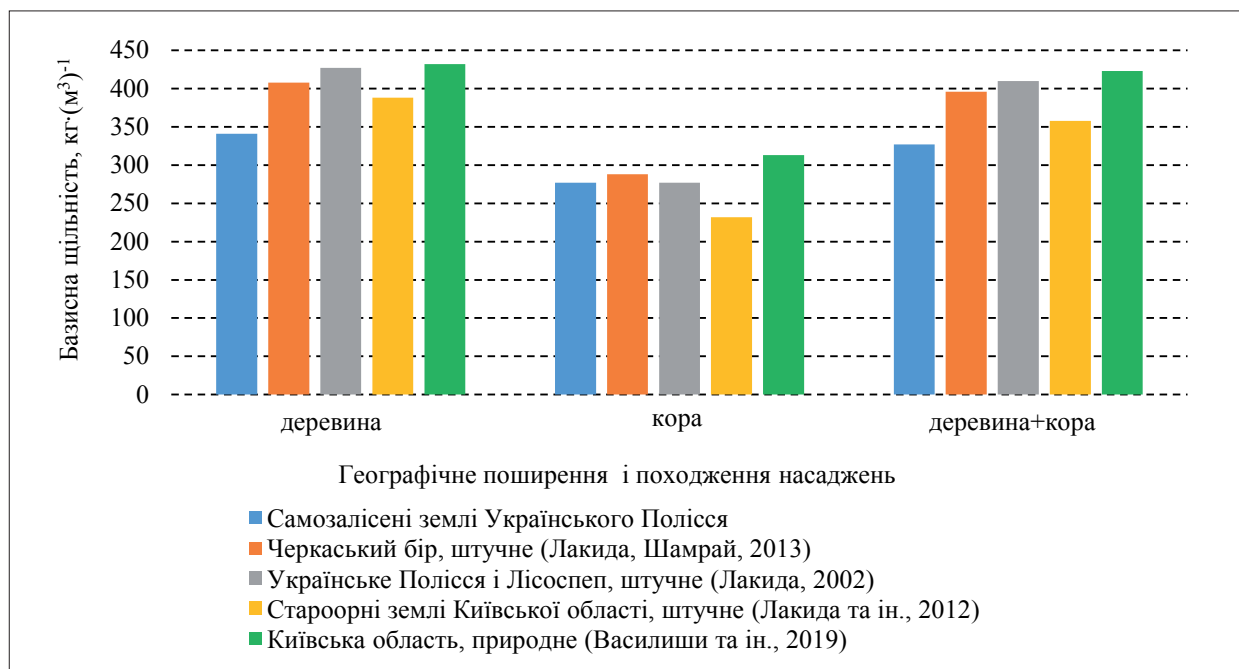


Рис. 4. Середня базисна щільність компонентів фітомаси стовбурів дерев сосни звичайної різного географічного поширення і походження

Fig. 4. The average basic density of living biomass components of Scots pine tree stems of different geographical distribution and origin

Основним елементом генерування кисню і депонування вуглецю з атмосфери в процесі фотосинтезу в деревостанах є хвоя. Її маса істотно залежить від багатьох чинників довкілля, походження й параметричної структури деревостану. На рис. 5 наведено зміну маси хвої залежно від середньої

висоти та походження деревостану у самосійних, штучних і природних лісостанах (Лакида, 2013) за фіксованого середнього діаметра 10 см і відносній повноті 0,9.

Таким чином, самосійні соснові ліси у молодому віці депонують вуглецю більше, ніж штучні

і природні деревостани. За результатами досліджень, самосійні соснові ліси досягають середнього діаметра 10 см у віці 15-20 років. Якщо вважати, що їхня середня висота у цьому віці становить 10 м, то на 1 га самозалісених земель надземною частиною соснових лісів акумулюється більше 30 т депонованого вуглецю (рис. 6). За наведеними даними, нагромадження депонованого вуглецю

надземною частиною самосійних соснових деревостанів за фіксованого середнього діаметра 10 см і діапазоні середніх висот від 6 до 14 м істотно переважає аналогічний показник для чистих природних і штучних деревостанів (від 10,3 до 20,4%). Особливо істотну відмінність спостережено порівняно з природними деревостанами, які ростуть у лісових масивах.

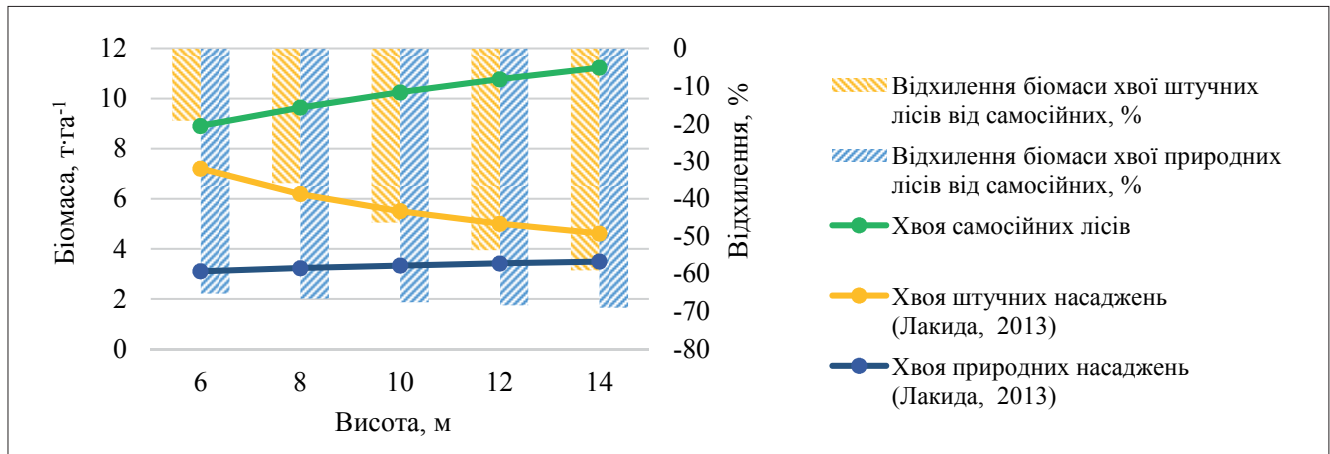


Рис. 5. Зміна надземної біомаси хвої соснових деревостанів з висотою за середнього діаметра 10 см і відносної повноти 0,9

Fig. 5. Above-ground biomass dynamics of needles of pine stands with height at the mean diameter of 10 cm and a relative stocking of 0.9

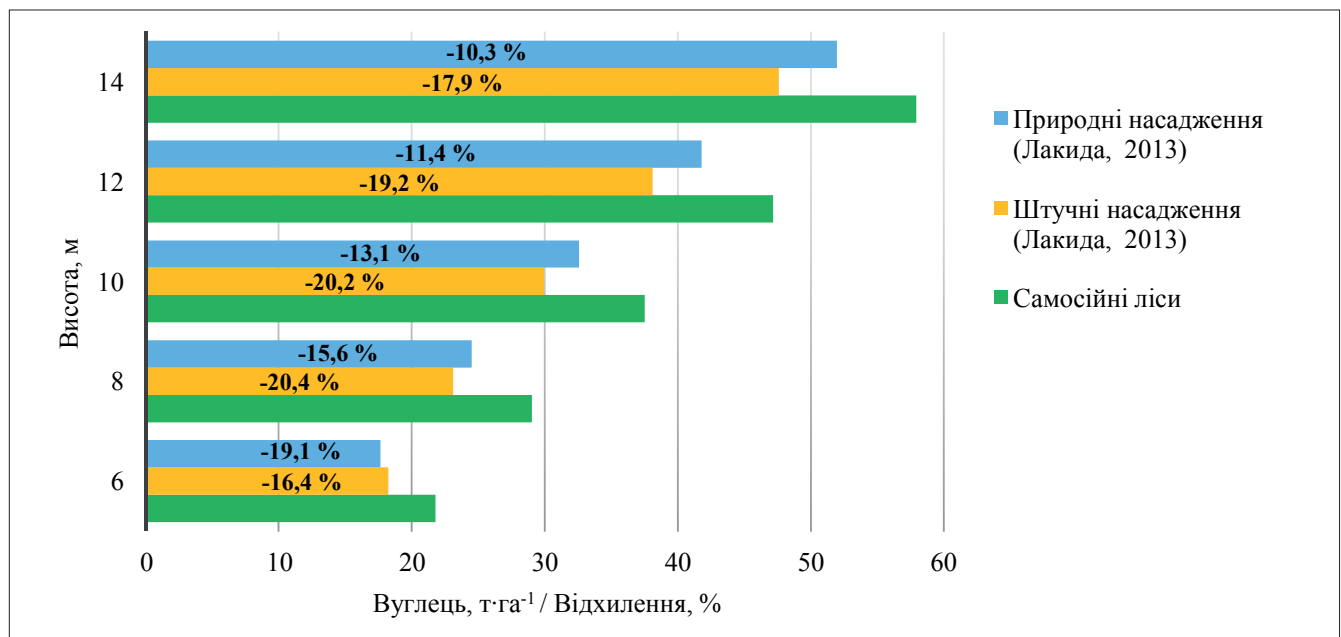


Рис. 6. Оцінювання обсягів депонованого вуглецю різними сосновими лісостанами за середнього діаметра 10 см і відносної повноти 0,9

Fig. 6. Estimation of the volumes of carbon sequestration by different pine stands with the mean diameter of 10 cm and a relative stocking of 0.9

Очевидно, що окрім надземної частини дерев, біопродукційний потенціал насаджень формують також кореневі системи і фотосинтезуючий апарат. Це свідчить про вагомe значення підземної частини фітомаси у вуглецевому балансі, а відтак важ-

ливість збереження самосійних лісів від зрубівання і викорчовування.

З огляду на відкриття ринку земель сільськогосподарського призначення і територію самосійних лісів на них (Про внесення змін..., 2020),

дослідження екосистемних послуг цих лісів можливо забезпечить їх від тотального знищення. Лісовласники зазвичай не отримують компенсації за ті послуги, які надають суспільству ліси, що перебувають в їхній власності, а, отже, і не вбачають потреби враховувати їх під час прийняття рішень щодо використання земель (Соловій, 2016). Причина полягає в тому, що власникам землі набагато вигідніше вирощувати сільськогосподарські культури і щорічно отримувати дохід, ніж чекати на можливий прибуток від лісу. За допомогою ринкового механізму екосистемних послуг лісів можна запобігати виснажливому лісокористуванню, впливати на менеджмент лісовласників, надаючи їм фінансову компенсацію за збереження лісостанів. У багатьох випадках зацікавленим сторонам (держава, підприємство чи громадянин) вигідно внести певну, порівняно незначну, плату заради покращення власного добробуту або істотного підвищення прибутків, пов'язаних з якістю екологічних умов (Соловій, 2016). У майбутньому це дасть змогу зменшити розораність території, збільшити рівень лісистості, зберегти біологічне різноманіття та створити можливості для сталого розвитку лісогосподарської галузі.

**Висновки (Conclusions).** В умовах глобальної зміни клімату та вагомого екологічного навантаження на довкілля воєнними діями росії, які призводять до істотного зменшення лісового покриву України, збереження самосійних лісів на колишніх малопродуктивних землях є актуальним завданням для суспільства і лісової галузі як з економічного та екологічного, так і з соціального погляду.

За даними досліджень з дистанційного зондування території України, виявлено понад 1,8 млн га лісових насаджень поза межами лісового фонду держави. Значну частину з них (в межах 400-500 тис. га) посідають самосійні ліси, які займають переважно землі сільськогосподарського призначення. Істотна частка самосійних лісів локалізована у Поліській зоні України, де низькопродуктивні супіщані землі сільськогосподарського призначення після деградації колективних господарств були розпайовані і тривалий час не оброблялись їх власниками.

Природні соснові деревостани на землях сільськогосподарського призначення ростуть переважно за високим (I<sup>a</sup> і вище) класами бонітету. Особливо чітко цю тенденцію прослідковано у деревостанах молодого віку за рахунок залишкового нагромадження поживних речовин у ґрунті колишніх сільськогосподарських земель.

У самосійних лісів спостережено високу відносну повноту, яка зазвичай перевищує 1,0 (іноді понад 2,0 одиниць за стандартними таблицями відносної повноти для соснових деревостанів Українського Полісся), що свідчить про необхідність опрацювання відповідних нормативів повноти для оцінювання цієї категорії деревостанів.

Дослідження екосистемних функцій самосійних лісів на землях сільськогосподарського призначення Українського Полісся потребує, насамперед, експериментального оцінювання фітомаси (живої деревної біомаси) і мортмаси (відмерлих деревних рослин або їхніх фрагментів), як у надземній, так і підземній частинах насаджень.

За показниками базисної щільності деревини ( $341 \text{ кг} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$ ) самосійні деревостани мають дещо меншу щільність, порівняно з іншими сосняками зони Українського Полісся. Маса хвої у досліджуваних самосійних деревостанах зазвичай переважає масу хвої у сосняках природного і штучного походження регіону досліджень (від 10,0 до 55,0%) за подібних середніх висоти і діаметра насаджень, що істотно впливає на формування поточного приросту деревини і нагромадження вуглецю.

Зважаючи на молодий вік природних лісів на землях сільськогосподарського призначення, можна виокремити такі пріоритетні екосистемні функції: утворення біомаси і мортмаси, поглинання та утримування вуглецю (особливо в ґрунті й підземною частиною деревних рослин), киснепродукування та енергопродуктивність (акумулювання енергії). При досягненні самосійним деревостаном середніх діаметра 10 см та висоти 10 м у віці 15-20 років з 1 га надземною частиною акумулюється більше 30 т депонованого вуглецю, що є істотним внеском у загальний баланс реалізації цієї екосистемної функції лісів.

Збереження самосійних лісів, окрім економічного ефекту, в майбутньому дасть змогу зменшити розораність території, збільшити обсяг поглинання вуглецю, зберегти біологічне різноманіття, що забезпечить екологічний ефект і створить можливості для сталого розвитку Поліського регіону.

## Список літератури (References)

- Білоус, А.М. (2021). *Біопродуктивність та екосистемні функції м'яколистяних лісів Українського Полісся*. Житомир: Бук-Друк. [Bilous, A. M. (2021). *Biological productivity and ecosystem functions of softwood deciduous forests in Ukrainian Polissya*. Zhytomyr: Buk-Druk] (in Ukrainian)
- Білоус, А.М., Кашпор, С.М., Миронюк, В.В., Свинчук, В.А., Леснік, О.М. (2021). *Лісотаксаційний довідник*. Київ: Видавничий дім «Вінніченко». [Bilous, A., Kashpor, S., Myroniuk, V., Svynchyk, V., & Lesnik, O. (2021). *Forest inventory handbook*. Kyiv: Vinichenko] (in Ukrainian)
- Блищик, В.І. (2021). До питання збереження самосійних лісів на покинутих сільськогосподарських землях Полісся. *Лісівнича наука: стан, проблеми, перспективи розвитку (УкрНДІЛГА – 90 років)*: матеріали Міжнарод. наук.-практ. конф., м. Харків, 23-24 червня 2021 р. Харків: Планета-Прінт, 159-160. [Blyshchyk, V.I. (2021). To the issue

- of preservation of naturally regrown forests on abandoned agricultural lands of Polissia. In *Forest science: current state, issues, and prospects (URIFFM – 90 Years): proceedings of International scientific and practical conference*, 159-160. Kharkiv, June 23-24. Kharkiv: Planeta-Print] (in Ukrainian)
- Блищик, В.І. (2022). Середня щільність основних компонентів фітомаси стовбурів дерев сосни звичайної у самосійних лісах Українського Полісся. *Лісівництво, деревообробка та озеленення: стан, досягнення і перспективи*: матеріали Всеукраїнської наук.-практ. конф. з проблем вищої освіти і науки в системі МОН України, м. Харків, 22-23 листопада 2022 р. Харків: Державний біотехнологічний університет, 88. [Blyshchuk, V.I. (2022). The average density of the main live biomass components of Scots pine tree stems in naturally regrown forests of Ukrainian Polissia. In *Forestry, woodworking and greening: state, achievements and prospects: materials of the All-Ukrainian scientific and practical conference on the problems of higher education and science in the system of the Ministry of Education and Science of Ukraine*, 8. Kharkiv, November 22-23. Kharkiv: State Biotechnology University] (in Ukrainian)
- Василишин, Р.Д., Лакида, М.О., Лакида, І.П. (2019). *Біопродуктивність лісів державної організації «Резиденція “Залісся”»*. Корсунь-Шевченківський: ФОП Майдаченко І.В. [Vasylyshyn, R.D., Lakyda, M.O., & Lakyda, I.P. (2019). *Bioproductivity of forests of State organization “Residence «Zalissia»”*. Korsun-Shevchenskivskiy: IE Maidachenko I.V.] (in Ukrainian)
- Вернер, І.Є. (Ред.). (2021). *Статистичний щорічник України за 2021 рік*. Київ: Державна служба статистики України. [Werner, I.E. (Ed.). (2021). *Statistical Yearbook of Ukraine for 2021*. Kyiv: State Statistics Service of Ukraine] (in Ukrainian)
- Засідання розширеної колегії Держлісагентства, в ході якого підсумували роботу лісової галузі за 2023 рік та окреслили плани і завдання на 2024 рік (2024). Київ: Державне агентство лісових ресурсів України. [Meeting of the extended collegium of State Forestry Agency was held, during which the work of forest industry for 2023 was summarized and plans and tasks for 2024 were outlined (2024). Kyiv: State Agency of Forest Resources of Ukraine. Retrieved from <https://forest.gov.ua/news/vidbulosia-zasidannia-rozshyrenoi-kolehii-derzhlisahentstva-v-khodi-iakoho-pidsumuvaly-robotu-lisovoi-haluzi-za-2023-rik-ta-okreslyly-plany-i-zavdannia-na-2024-rik>] (in Ukrainian)
- Гриник, Є., Василюк, О. (2019). *Самосійні ліси, або простий шлях збільшити кількість лісів України*. Київ: Українська природоохоронна група. [Hrynuk, E., & Vasylyuk, O. (2019). *Naturally regrown forests or a simple way to increase the number of forests in Ukraine*. Kyiv: Ukrainian nature conservation group. Retrieved from <https://uncg.org.ua/samosijni-lisy/>] (in Ukrainian)
- Криницький, Г.Т., Король, М.М., Лавний, В.В., Ковальова, В.А., Крамарець, В.О., Криницька, О.Г., Маруран, В.К. (2023). Лісівничо-екологічні особливості поширення та підвищення біотичної стійкості соснових лісостанів в умовах Львівського регіону. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 25, 87-97. [Krynytskyy, H., Korol, M., Lavnyy, V., Kovaleva, V., Kramarets, V., Krynytska, O., & Mahuran, V. (2023). Forestry and ecological features of distribution and improvement of biotic stability of pine forests in the conditions of Lviv region. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 25, 87-97. <https://doi.org/10.15421/412306>] (in Ukrainian)
- Лакида, П.І. (2002). *Фітомаса лісів України*. Тернопіль: Збруч. [Lakyda, P.I. (2002). *Phytomass of forests of Ukraine*. Ternopil: Zbruch] (in Ukrainian)
- Лакида, П.І. (Ред.). (2013). *Нормативи оцінки надземної фітомаси деревостанів головних лісотвірних порід України*. Корсунь-Шевченківський: ФОП Гаврищенко В.М. [Lakyda, P.I. (Ed.). (2013). *Reference materials for estimating components of above-ground live biomass of stands of main forest-forming tree species of Ukraine*. Korsun-Shevchenkivskiy: IE Gavryshenko V.M.] (in Ukrainian)
- Лакида, П.І., Алексіук, І.Л. (2017). *Природні соснові деревостани Полісся України: Прогнозування росту та продуктивності*. Корсунь-Шевченківський: ФОП Майдаченко І.С. [Lakyda, P.I., & Aleksiuk, I.L. (2017). *Natural pine stands of Polissya of Ukraine: prognosis growth and productivity*. Korsun-Shevchenkivskiy: IE Maidachenko I.S.] (in Ukrainian)
- Лакида, П.І., Білоус, А.М., Василишин, Р.Д., Матушевич, Л.М., Макаrchuk, Я.І. (2012). *Біопродуктивність та енергетичний потенціал м'яколистяних деревостанів Українського Полісся*. Корсунь-Шевченківський: ФОП Гаврищенко В.М. [Lakyda, P.I., Bilous, A.M., Vasylyshyn, R.D., Matushevich, L.M., & Makarchuk, Y.I. (2012). *Bioproductivity and energy potential of soft-leaved stands of Ukrainian Polissia*. Korsun-Shevchenkivskiy: IE Gavryshenko V.M.] (in Ukrainian)
- Лакида, П.І., Блищик, В.І., Блищик, І.В. (2017). *Первинна продукція клейковільхових лісів Українського Полісся*. Корсунь-Шевченківський: ФОП Гаврищенко В.М. [Lakyda, P.I., Blyshchuk, V.I., & Blyshchuk, I.V. (2017). *Primary production of black alder forests of Ukrainian Polissia*. Korsun-Shevchenskivskiy: IE Gavryshenko V.M.] (in Ukrainian)
- Лакида, П.І., Блищик, І.В. (2010). *Фітомаса вільшняків Західного Полісся України*. Корсунь-Шевченківський: ФОП Майдаченко І.С. [Lakyda, P.I., & Blyshchuk, I.V. (2010). *Phytomasa of black alder stands of Western Polissia of Ukraine*. Korsun-Shevchenskivskiy: IE Maidachenko I.S.] (in Ukrainian)
- Лакида, П.І., Лашченко, А.Г., Макаrchuk, Я.І., Розвод, С.В., Василишин, Р.Д., Домашовець, Г.С., Терентьев, А.Ю. (2012). *Вуглецедепонувальна роль соснових насаджень, створених на староросних землях*. Корсунь-Шевченківський: ФОП Майдаченко І.С. [Lakyda, P.I., Lashchenko, A.G.,

- Makarchuk, Y.I., Rozvod, S.V., Vasylyshyn, R.D., Domashovets, G.S., & Terentiev, A.Yu. (2012). *Carbon sequestration role of pine stands created on old arable land*. Korsun-Shevchenkivskiy: IE Maidachenko I.S.] (in Ukrainian)
- Лакида, П.І., Терент'єв, А.Ю., Василюшин, Р.Д. (2012). *Штучні соснові деревостани Полісся України – прогноз росту та продуктивності*. Корсунь-Шевченківський: ФОП Майдаченко І.С. [Lakyda, P.I., Terentiev, A.Yu., & Vasylyshyn, R.D. (2012). *Artificial pine stands of Polissia of Ukraine – prognosis of growth and productivity*. Korsun-Shevchenkivskiy: IE Maidachenko I.S.] (in Ukrainian)
- Лакида, П.І., Шамрай, А.Є. (2013). Надземна фітомаса та депонований вуглець дерев сосни звичайної у штучних деревостанах Черкаського бору. *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України*, 23(1), 8-13. [Lakyda, P.I., & Shamrai, A.E. (2013). Above-ground biomass and deposited carbon of Scots pine trees in artificial stands of Cherkasy Bir. *Scientific bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 23(1), 8-13. Retrieved from [https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2013/23\\_1/index.htm](https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2013/23_1/index.htm)] (in Ukrainian)
- Пастернак, В.П., Приходько, О.Б., Гірс, О.А. (2021). Структура соснових деревостанів Придніпровського Степу України. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 23, 110-116. [Pasternak, V.P., Prihodko, O.B., & Girs, O.A. (2021). Structure of pine stands in the Pridonetsk Steppe of Ukraine. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 23, 110-116. <https://doi.org/10.15421/412132>] (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)
- Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо збереження лісів (2022). Закон України № 2321-IX від 20.06.2022 р. [On amendments to some legislative acts of Ukraine regarding forest conservation (2022). Law of Ukraine No. 2321-IX dated June 20, 2022. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/go/2321-20>] (in Ukrainian)
- Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо умов обігу земель сільськогосподарського призначення (2020). Закон України № 552-IX від 31.03.2020 р. [On amendments to some legislative acts of Ukraine regarding the terms of circulation of agricultural land (2020). Law of Ukraine No. 552-IX dated March 31, 2020. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/go/552-20>] (in Ukrainian)
- Про затвердження Порядку проведення національної інвентаризації лісів та внесення зміни у додаток до Положення про набори даних, які підлягають оприлюдненню у формі відкритих даних (2021). Постанова Кабінету Міністрів України № 392-2021-п від 21.04.2021 р. [On approval of Procedure for conducting a National Forest Inventory and amending the appendix to the Regulation on data sets to be made public in the form of open data (2021). Resolution of Cabinet of Ministers of Ukraine No. 392-2021-p dated April 21, 2021. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/go/392-2021-%D0%BF>] (in Ukrainian)
- Соловій, І. (2016). Оцінка міжнародного досвіду та процедур / регулювань щодо концепції плати за послуги екосистем в лісовому секторі. [Solovyi, I. (2016). *Interim Report on the international experience and procedure / regulations of payments for ecosystem services (PES) concept in forest sector*. Retrieved from <https://www.enpi-fleg.org/ru/docs/interim-report-on-the-international-experience-and-procedure-regulations-of-payments-for-ecosystem-services-pes-concept-in/>] (in Ukrainian)
- Fisher, B., & Turner, K.R. (2008). Ecosystem services: Classification for valuation. *Biological Conservation*, 141(5), 1167-1169. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.02.019>
- Irland Lloyd, C., Iavorivska, L., Zibtsev, S., Myrojniuk, V., Brian, R., & Bilous, A. (2023). Russian Invasion: Rapid Assessment of Impact on Ukraine's Forests. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 25, 146-155. <https://doi.org/10.15421/412312>
- Lesnik, O., Blyshchik, V., Odruzhenko, A., & Behal, M. (2022). Growth and physiological resilience of pine forests in Ukrainian Polissia. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*, 1(13), 18-24. [https://doi.org/10.31548/forest.13\(1\).2022.18-24](https://doi.org/10.31548/forest.13(1).2022.18-24)

## Productivity and ecological functions of naturally regrown pine forests of the Ukrainian Polissia

P. Lakyda<sup>1</sup>, V. Blyshchik<sup>2</sup>

Increasing the forest cover of the territory of Ukraine and bringing it to optimal parameters in the conditions of global climate change, the aggressive war of Russia against both the Ukrainian society and the environment, requires the search for adequate mechanisms for preservation and reproduction of

<sup>1</sup> Petro Lakyda – Full Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, First Vice-President of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Honored Worker of Science and Technology of Ukraine, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the scientific support sector of the State Enterprise “Forests of Ukraine”, 6 Bolsunovska st., Kyiv, 01601, Ukraine. E-mail: petro.lakyda@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3639-2969>

<sup>2</sup> Volodymyr Blyshchik – PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 15 Heroiv Oborony st., Kyiv, 03041, Ukraine. Phone: +380-44-527-81-53. E-mail: blysh@nubip.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5440-3142>

forest formations. Along with the implementation of the “Green Country” program of the President of Ukraine, on which the foresters of the country and society as a whole are successfully working, special attention should be paid to the preservation and forest management of naturally regrown forests created by nature on agricultural lands.

In the Ukrainian Polissia, the category of self-seeded areas received perhaps the largest representation in the country due to the fairly high forest cover of the region, where forest tracts border on agricultural lands which lost the profitability of cultivation by their owners during the period of Ukraine’s independence. The main forest-forming tree species found in these naturally regrown forests on agricultural lands is Scots pine, which became the object of the study.

According to a specially developed methodology, 23 temporary sample plots were laid out in five regions of the Ukrainian Polissia (Volyn, Rivne, Zhytomyr, Kyiv and Chernihiv) with felling and poly-fractional evaluation of 76 trees in naturally regrown forests with a predominance of Scots pine.

In the course of the studies, it was found that natural pine stands on agricultural lands grow mainly according to the site class index I<sup>a</sup> and higher. This tendency is especially evident in young stands due to the residual accumulation of nutrients in the soil of former agricultural lands. The relative stocking of the studied stands usually exceeds 1.0 (sometimes reaches 2.0 units), which indicates the need to develop an appropriate forest mensuration regulatory framework for a comprehensive assessment of this category of stands.

One of the main studied ecological functions of naturally regrown pine forests is the volume of carbon accumulation and rates of carbon sequestration. Their parameters functionally depend on the productivity of forest stands, the mass of the photosynthetic apparatus (needles) and indicators of the basic density of living biomass components. Based on the indicators of basic wood density ( $341 \text{ kg} \cdot (\text{m}^3)^{-1}$ ), the studied stands have a slightly lower density compared to other pine forests of the Ukrainian Polissia zone, which are characterized by high moisture content in wood at a young age, soil conditions (structure, mechanical composition, fertility), which has a significant impact on the formation of late wood, and, consequently, on its density. The mass of needles in naturally regrown pine stands usually exceeds the compared parameters in pine stands of natural and artificial origin in the study region at fixed average heights and diameters of stands from 10.0 to 55.0%, which significantly affects the current wood increment and, accordingly, carbon accumulation.

The conducted studies prove that naturally regrown pine forests at a young age deposit more carbon than artificial and natural stands in the study region. Thus, 1 hectare of the forest already at the age of 10 years can accumulate up to 30 tons of carbon only in the above-ground part, which is a significant contribution to the overall balance of the implementation of the ecosystem function of forests, therefore they require protection and proper forest management.

**Key words:** natural forest regrown; abandoned agricultural land; Scots pine; density; productivity; ecological functions; carbon sequestration.

## 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/10.15421/412421>  
Article received 2024.02.14  
Article accepted 2024.10.18

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 330.34:338.483(1)

### Сучасні теоретико-методичні та економіко-правові проблеми імплементції концепції сталого розвитку туризму і рекреації в Україні

І. А. Дубовіч<sup>1</sup>, А. П. Аніщенко<sup>2</sup>, Н. М. Юрків<sup>3</sup>, Ю. І. Волковська<sup>4</sup>, Р. Б. Мацько<sup>5</sup>,  
О. М. Рожкович<sup>6</sup>, М.-Н. І. Дубовіч<sup>7</sup>, О. В. Пилип'як<sup>8</sup>

*Серед ключових проблем сталого розвитку туризму і рекреації в Україні є повномасштабна війна Росії проти України, що призвела до людських жертв, серйозних пошкоджень і значних руйнувань природного середовища, об'єктів культурної та історичної спадщини, а також підприємств, що є стратегічно важливими для економіки і безпеки країни. Вирішення теоретико-методичних та економіко-правових проблем*

- <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, 105, м. Львів, 79057, Україна. E-mail: [iondubovici@ukr.net](mailto:iondubovici@ukr.net) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3719-7957>
- <sup>2</sup> Аніщенко Алла Петрівна – кандидат педагогічних наук, доцент кафедри музейно-туристичної діяльності. Харківська державна академія культури, Бурсацький узвіз, 4, м. Харків, 61057, Україна. E-mail: [alla.an.ua@gmail.com](mailto:alla.an.ua@gmail.com) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4162-1298>
- <sup>3</sup> Юрків Надія Миколаївна – кандидат економічних наук, доцент, заступник директора Інституту екологічної економіки і менеджменту. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 105, м. Львів, 79057, Україна. E-mail: [borysnadia@ukr.net](mailto:borysnadia@ukr.net) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8914-6473>
- <sup>4</sup> Волковська Юлія Ігорівна – аспірант кафедри екологічної економіки та бізнесу. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 105, м. Львів, 79057, Україна. E-mail: [volkovska.yuliia@nltu.edu.ua](mailto:volkovska.yuliia@nltu.edu.ua) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2594-8864>
- <sup>5</sup> Мацько Ростислав Богданович – аспірант кафедри екологічної економіки та бізнесу. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 105, м. Львів, 79057, Україна. E-mail: [rostyslavmatsko@gmail.com](mailto:rostyslavmatsko@gmail.com) ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-3062-948X>
- <sup>6</sup> Рожкович Олег Миколайович – аспірант кафедри екологічної економіки та бізнесу. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 105, м. Львів, 79057, Україна. E-mail: [olehrozhkovych@gmail.com](mailto:olehrozhkovych@gmail.com) ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-2385-7327>
- <sup>7</sup> Дубовіч Мар'яна-Надія Іонівна – студентка четвертого курсу юридичного факультету Львівського національного університету імені Івана Франка, вулиця Січових Стрільців, 14, м. Львів, 79000, Україна. E-mail: [dubovichmariana@gmail.com](mailto:dubovichmariana@gmail.com) ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5107-3216>
- <sup>8</sup> Пилип'як Оксана Володимирівна – старший викладач кафедри економіки та підприємництва ЛФ ПВНЗ «Європейський університет», вулиця Кушевича, 5, м. Львів, 79019, Україна. E-mail: [oksanka.pulupjak@gmail.com](mailto:oksanka.pulupjak@gmail.com) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7263-7030>

стосовно імплементації концепції сталого розвитку туризму і рекреації вимагають ефективного та раціонального використання природних ресурсів, їх охорони та відтворення на всіх рівнях – національному, регіональному і локальному. Туризм і рекреація в Україні – це галузь з великим потенціалом та перспективами, але водночас це складна і динамічна система, яка охоплює різноманітні регіональні, екологічні, економічні, організаційні та інші аспекти.

Особливу увагу акцентовано на екологічних, економічних і соціальних аспектах впровадження концепції сталого розвитку туризму та рекреації, з урахуванням викликів, що виникають через війну в Україні.

Для досягнення ефективних результатів щодо організації, функціонування та розвитку туризму і рекреації, в Україні прийнято низку нормативно-правових актів. Основні проблеми, які гальмують сьогоденні імплементацію концепції сталого розвитку туризму і рекреації в Україні – це, насамперед, заміновані сотні гектарів території України, забруднені боєприпасами території, знищені значні площі лісового фонду, зруйнована інфраструктура тощо. Поряд з цим, у Методиці визначення шкоди та збитків, затвердженій Міністерством захисту довкілля та природних ресурсів України, враховано лише частину економічних збитків, а інші значні втрати не враховано. Для успішної реалізації теоретичних положень, методичних та економіко-правових підходів щодо імплементації концепції сталого розвитку туризму і рекреації в Україні, запропоновано враховувати регіональні соціо-еколого-економічні особливості. Звернено увагу на різноманітність регіональних умов, що впливають на організацію та розвиток туризму і рекреації в Україні.

**Ключові слова:** проблеми сталого розвитку туризму і рекреації; регіональні соціо-еколого-економічні особливості; пошкодження природного середовища; вплив війни на туризм і рекреацію; забезпечення екологічної безпеки; економіко-правові аспекти; охорона природних ресурсів; раціональне використання природних ресурсів.

**Вступ (Introduction).** Туризм і рекреація відіграють ключову роль у сталому соціально-економічному розвитку та охороні навколишнього природного середовища. В умовах воєнного стану розвиток туризму і рекреації в багатьох регіонах України є проблематичним, а в деяких – неможливим. Вплив триваючої війни виявив уразливість туристичної індустрії до зовнішніх чинників. Спостережено зменшення кількості туроператорів і туристичних агентів, скорочення кількості іноземних туристів, а також втрату цінних природних ресурсів та погіршення якості повітря через військові дії. Імплементація концепції сталого розвитку туризму і рекреації можлива лише в умовах ефективного та раціонального використання, охорони та відтворення природних ресурсів і вирішення теоретико-методичних та економіко-правових проблем на всіх рівнях – національному, регіональному і локальному.

Серед основних теоретико-методичних та економіко-правових проблем сталого розвитку туризму і рекреації України є повномасштабна війна Росії проти України (розпочалась 24.02.2022 р.), яка призвела до значних руйнувань та людських жертв в Україні, деградації і знищення природного середовища, об'єктів культурної та історичної спадщини, а також підприємств, які мають стратегічне значення для економіки і безпеки держави. На сьогоднішні в умовах російсько-української війни сфера туризму і рекреації в Україні, поряд із суміжними галузями, виявилась серед найбільш постраждалих і характеризується значною нестабільністю. Туризм і рекреація в Україні, як форми відновлення психоемоційних та фізичних сил, зіткнулися сьогодні з численними викликами і потребують системних змін, нових теоретико-мето-

дичних та економіко-правових підходів, нових стратегічних завдань, які б відповідали вимогам сьогодення та потребам майбутніх поколінь. Розроблені на сьогоднішні теоретико-методичні підходи недостатньо ефективні для забезпечення економіко-правових умов щодо імплементації концепції сталого розвитку туризму і рекреації в Україні. Це пояснюється, зокрема, тим, що в різних регіонах України існують значні соціально-економічні та екологічні відмінності, особливо в областях, в яких ведуться постійні бойові дії (Донецька, Луганська, Харківська, Запорізька, Херсонська), або регіонах, які знаходяться під тимчасовою окупацією російських військ (близько 20% території України). Саме тому нинішній стан туризму і рекреації в багатьох регіонах України можна характеризувати як нестабільний або кризовий.

У нинішніх умовах в Україні неможливо забезпечити гармонійний взаємозв'язок між соціальними, екологічними та економічними системами. Відповідно, виникає необхідність активно досліджувати і розробляти нові теоретичні концепції, методичні та економіко-правові підходи, спрямовані на вирішення існуючих регіональних проблем щодо забезпечення сталого розвитку туризму і рекреації в Україні.

Зазначимо, що деякі аспекти розвитку туризму і рекреації відображено в працях вітчизняних і зарубіжних вчених (Steck, 1999; Honeу, 2008; Горбатова, 2010; Хаустова, 2010; Білоус, 2014; Мандюк, 2014; Рутинський, 2014; Гришук, 2015; Мальська, 2015; Масюк, 2015; Бишовець, 2021; Бондарчук, 2021; Гавриш, 2021; Данилюк, 2021; Чепурда, 2021; Павліха, 2022; Савчук, 2022; Цимбалюк, 2022 та ін.). Незважаючи на існуючі теоретико-методичні та економіко-правові розробки, пробле-

матика щодо імплементації концепції сталого розвитку туризму і рекреації потребує удосконалення. В опублікованих працях недостатньо враховано регіональні соціально-економічні та екологічні особливості. Саме тому виникає потреба удосконалити теоретико-методичні та економіко-правові підходи щодо забезпечення сталого розвитку туризму і рекреації в різних умовах регіональної безпеки та перспектив соціально-економічного розвитку.

*Мета роботи* – аналіз і розроблення теоретико-методичних та економіко-правових рекомендацій щодо імплементації концепції сталого розвитку туризму і рекреації в Україні.

Реалізація поставленої мети зумовила необхідність вирішення таких завдань: дослідити теоретико-методичні аспекти імплементації концепції сталого розвитку туризму і рекреації; проаналізувати основні нормативно-правові акти та їхній вплив на організацію туризму, а також визначити економіко-правові проблеми впровадження концепції сталого розвитку туризму і рекреації; виявити основні екологічні, економічні та соціальні проблеми розвитку сфери туризму і рекреації та обґрунтувати наслідки військової агресії проти України в цій галузі.

**Методи і методика досліджень (Research methods and techniques).** *Об'єкт дослідження* – теоретико-методичні та економіко-правові підходи щодо сталого розвитку туризму і рекреації в Україні. *Предмет дослідження* – проблеми сталого розвитку туризму і рекреації.

Для досягнення поставленої мети роботи використано загальні та спеціальні наукові методи: *наукової абстракції* – під час обґрунтування категоріального апарату; *узагальнення, абстрагування та аналізу* – під час дослідження імплементації концепції сталого розвитку туризму і рекреації в Україні, для дослідження регіональних соціо-еколого-економічних особливостей; *стратегічного аналізу* – під час оцінювання стратегічних завдань для досягнення сталого розвитку туризму і рекреації в Україні; *нормативний* – для розроблення науково-практичних рекомендацій у сфері формування нормативно-правових актів з питань сталого розвитку туризму і рекреації в Україні; *графічний* – для наочного відображення регіональних відмінностей, які необхідно враховувати під час імплементації концепції сталого розвитку туризму і рекреації в Україні в умовах війни, а також результатів соціально-економічного дослідження.

Для вивчення сучасного стану та перспектив розвитку туризму і рекреації в Україні було проведено соціологічне опитування за допомогою інтернет-ресурсів (Google forms), що дало змогу зрозуміти рівень зацікавленості громадян України щодо ведення бізнесу в сфері туризму і рекреації.

Для дослідження різноманітності регіональних умов, що впливають на організацію і розвиток туризму і рекреації в Україні, запропоновано обрати регіональні соціо-еколого-економічні особливості.

**Результати (Results).** На сучасному етапі економічного розвитку туризм і рекреація стають все вагомішою сферою, яка впливає на розвиток різних галузей економіки: транспорт, зв'язок, готельно-ресторанний бізнес тощо.

У багатьох країнах світу сфера туризму і рекреації швидко розвивається та відіграє ключову роль в економіці, забезпечуючи понад 50% від загальних доходів бюджету країни (Sustainable Development, 2005). Приблизно 40% країн світу залежать від туризму і рекреації, як від головного джерела доходу, а для близько 80% – це одне із п'яти основних джерел доходу. За останні 30-40 років туризм і рекреація досягли значних успіхів. Кількість іноземних туристів в окремих державах збільшилась в 4-5 разів, а валютні доходи – в 20-25 разів. За даними Всесвітньої туристичної організації ООН (ЮНВТО), туризм і рекреація становлять 10% світового ВВП та забезпечують близько 11% робочих місць. За прогнозами експертів цієї організації, у найближчі роки значення туризму і рекреації для економіки буде стабільно зростати (Чепурда та ін., 2021).

Отже, туризм і рекреація постають як важливий сектор економіки, який стабільно розвивається та має серйозний вплив на соціально-економічний розвиток багатьох країн світу.

В Україні туризм і рекреація є однією із найперспективніших і вигідних галузей. Одночасно ця сфера є складною динамічною системою, яка включає різноманітні регіональні, екологічні, економічні, організаційні та інші аспекти.

Розвиток туризму і рекреації в Україні стимулює зростання інших, суміжних галузей економіки (транспорт, торгівлі, сільського господарства та ін.), що сприяє розвитку всіх регіонів України. Завдяки своїм унікальним природним ресурсам, багатій історичній спадщині та соціокультурним цінностям, Україна має значний туристично-рекреаційний потенціал, що дає змогу цілорічно розвивати сферу туризму і рекреації.

Для вивчення перспектив розвитку туризму і рекреації в Україні, впродовж 2022 року було здійснено соціологічне опитування за допомогою інтернет-ресурсів. Всього було опитано 118 респондентів віком від 18 до 75 років. Більшість опитаних (57 осіб) мали вік від 25 до 35 років. За результатами соціально-економічного дослідження, більша частка (86%) громадян України зацікавлені веденням бізнесу в сфері туризму і рекреації (рис. 1). Такий показник підтверджує популярність та необхідність розвитку цієї галузі економіки.

Зазначимо, що на сьогодні багато туристичних об'єктів в Україні на значній території залишаються недоступними через ризики та безпекові загрози, пов'язані з військовою агресією Росії. В умовах війни в Україні неможливо повністю забезпечити реалізацію концепції сталого розвитку туризму і рекреації. Серед основних проблем можна виділити такі: *екологічні* (неконтрольований

розвиток туризму може призвести до значної екологічної деградації, втрати біорізноманіття та забруднення навколишнього природного середовища); під час війни вкрай важливими є заходи щодо мінімізації негативного впливу військових дій на природне довкілля, а також забезпечення його відновлення; *економічні* (нестабільна економічна ситуація в Україні, складнощі із залученням інвестицій, обмежений фінансовий потік, відсутність ефективної стратегії розвитку тощо); розвиток туризму і рекреації неможливий на значній території України внаслідок активних бойових дій; *соціальні* (відсутність ефективних програм освіти та навчання з урахування цілей і принципів сталого розвитку, низька залученість населення до процесів планування та управління у сфері туризму і рекреації тощо). В умовах війни вкрай складно забезпечити безпеку місцевого населення і туристів.

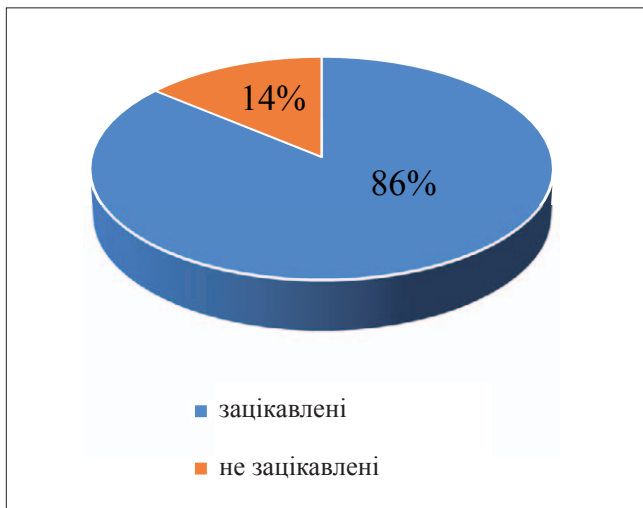


Рис. 1. Зацікавленість респондентів щодо ведення бізнесу в сфері туризму і рекреації

Fig. 1. Respondents' interest in doing business in the field of tourism and recreation

Розв'язання цих проблем потребує інтегрованого соціо-еколого-економічного підходу, який передбачає впровадження екологічно стійких технологій, стабілізацію економіки, зміцнення політичної стабільності, оптимізацію управлінських процесів, покращення координації між різними рівнями влади і зацікавленими сторонами, а також розвиток культурних та освітніх програм з метою підвищення участі громадськості у сталому розвитку туризму. В умовах триваючої війни в Україні вкрай важливими є реалізація специфічних безпекових заходів та адаптація стратегії сталого розвитку туризму і рекреації.

З урахуванням високого туристично-рекреаційного потенціалу, Україна активно працює над створенням сприятливих умов для розвитку туризму і рекреації, зокрема, розроблення та прийняття відповідних нормативно-правових актів, підписання міжнародних договорів тощо. Саме тому сьогодні

ні в Україні особлива увага спрямована на сталий розвиток туризму і рекреації.

Для ефективного організації, функціонування та розвитку туризму і рекреації, в Україні прийнято низку нормативно-правових актів (табл. 1).

Основним законом в Україні, що регулює діяльність у сфері туризму і рекреації, є Закон України «Про туризм» від 15.09.1995 р. (ВРУ, 1995). Відповідно до статті 6 цього закону, розвиток туризму і рекреації є одним із основних пріоритетів у сферах економіки, культури, соціальних відносин тощо.

У Законі України «Про туризм» визначено ключові вимоги стосовно раціонального використання туристично-рекреаційних ресурсів та організаційно-правового регулювання у сфері туризму і рекреації на території України. У цьому законі також зазначено, що державна політика України у сфері туризму і рекреації має здійснюватися за допомогою: встановлення та втілення важливих стратегічних напрямів розвитку у цій сфері; встановлення процедури класифікації та оцінювання туристично-рекреаційного потенціалу України, його раціонального використання й збереження; ефективного розподілу державних фінансових ресурсів для розвитку туризму і рекреації; забезпечення безпеки у цій сфері; розроблення відповідних нормативно-правових актів для регулювання відносин у сфері туризму і рекреації; встановлення процедури ліцензування в туризмі і рекреації, а також визначення кваліфікаційних вимог щодо підготовки фахівців у цій сфері; участь у розробленні та реалізації міжнародних програм зі сталого розвитку туризму і рекреації тощо (ВРУ, 1995).

Враховуючи проблеми розвитку туризму і рекреації, у 2017 р. Кабінет Міністрів України ухвалив Стратегію розвитку туризму та курортів до 2026 р. (від 16.03.2017 р.). Основною метою реалізації цієї Стратегії є формування сприятливих умов для розвитку туризму і рекреації, які б відповідали міжнародним стандартам. У цій Стратегії визначена державна туристична політика у таких напрямках: безпека туристів; нормативно-правова основа; розвиток туристичної інфраструктури; розвиток людських ресурсів; державна політика розвитку туризму та курортів тощо. Стратегією передбачено досягнення до 2026 р. таких цілей: збільшення кількості іноземних туристів у 2,5 раза; збільшення кількості внутрішніх туристів у п'ять разів; збільшення кількості робочих місць у сфері туризму і рекреації у п'ять 5 разів; збільшення наповнення бюджетів усіх рівнів від провадження туристичної діяльності у 10 разів; збільшення кількості суб'єктів туристичної діяльності у п'ять разів; створення позитивного іміджу України як країни, привабливої для туризму і рекреації тощо (КМУ, 2017). Прогнозується, що туристи під час подорожей по Україні витратять до 80 млрд грн в рік.

**Таблиця. Основні нормативно-правові акти, які регулюють відносини у сфері туризму і рекреації в Україні**

**Table. The main normative legal acts that regulate relations in the field of tourism and recreation in Ukraine**

| Назва нормативно-правового акту, дата прийняття                                                                                                | Основні аспекти, які регламентує нормативно-правовий акт                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Конституція України, від 28 червня 1996 р.                                                                                                     | Визначено основні права і свободи людини та їх гарантії. Забезпечення прав і свобод людини є головним обов'язком держави (ст. 3 Конституції України).                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Закон України «Про туризм», від 15 вересня 1995 р.                                                                                             | Визначено загально-правові, організаційні та соціально-економічні аспекти реалізації державної політики України у галузі туризму і рекреації. Закон спрямований на забезпечення Конституційних прав громадян України на відпочинок, безпечне для життя і здоров'я довкілля, охорону здоров'я, задоволення духовних потреб, свободу пересування тощо.                                                                                           |
| Закон України «Про державну реєстрацію юридичних осіб і фізичних осіб – підприємців та громадських формувань», від 15 травня 2003 р.           | Регламентовано відносини у сфері державної реєстрації юридичних осіб, громадських формувань, що не мають статусу юридичної особи, а також фізичних осіб – підприємців та ін.                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Закон України «Про особисте селянське господарство», від 15 травня 2003 р.                                                                     | Визначено правові, організаційні, соціальні, економічні та екологічні аспекти ведення особистого селянського господарства. Передбачено правові умови щодо особистих селянських господарств для здійснення господарської діяльності у сфері туризму і рекреації.                                                                                                                                                                                |
| Цивільний кодекс України, від 16 січня 2003 р.                                                                                                 | Визначено цивільно-правові аспекти щодо страхування у туристичній діяльності та ін.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Розпорядження Кабінету Міністрів України «Про схвалення Стратегії розвитку туризму та курортів на період до 2026 року», від 16 березня 2017 р. | Регламентовано формування сприятливих умов для розвитку туризму і рекреації відповідно до міжнародних стандартів якості та врахування європейських цінностей. Визначено умови щодо поступового переходу на високорентабельну, інтегровану у світовий ринок конкурентоспроможну сферу, спрямовану на підвищення якості життя населення, прискорення соціально-економічного розвитку всіх регіонів України, популяризацію України у світі та ін. |
| Розпорядження Кабінету Міністрів України «Про схвалення Концепції розвитку сільських територій», від 23 вересня 2015 р.                        | Визначено основні пріоритети розвитку сільських територій і механізм підготовки аграрного та сільського сектору держави до функціонування в умовах зони вільної торгівлі з країнами ЄС. Регламентовано створення необхідних правових, організаційних, економічних, соціальних та інших передумов для розвитку сільських поселень в Україні та ін.                                                                                              |

Після ухвали туристичної стратегії Україна, в рамках імплементації Угоди про асоціацію з ЄС, розпочала процес її втілення, включаючи створення плану заходів, активний діалог з представниками бізнесу, вдосконалення законодавства тощо (КМУ, 2017).

Потрібно також звернути увагу, що, відповідно до 50-ї статті Конституції України, «Кожен має право на безпечне для життя і здоров'я довкілля та на відшкодування завданої порушенням цього права шкоди» (ВРУ, 1996).

Окремі аспекти діяльності у сфері туризму і рекреації на сьогодні регулюються такими нормативно-правовими актами: Цивільним кодексом України, від 16 січня 2003 р. (ВРУ, 2003); Господарським кодексом України, від 16 січня

2003 р. (ВРУ, 2003); Податковим кодексом України, від 2 грудня 2010 р. (ВРУ, 2010); Земельним кодексом України, від 25 жовтня 2001 р. (ВРУ, 2001) та ін.

Наведені дані підтверджують, що в Україні докладають чималі зусилля для забезпечення сприятливих умов щодо імплементації концепції сталого розвитку туризму і рекреації. Але в нинішніх умовах повномасштабної війни Росії проти України, на території України неможливо повноцінно втілювати ухвалені стратегії. На сьогодні Україна зіткнулася зі складними викликами – необхідністю забезпечення гармонійного взаємозв'язку між економічними, екологічними та соціальними аспектами, а також раціонального використання, охорони та відтворення природних ресурсів, забезпечення

безпеки громадян. Саме тому у нинішніх умовах війни в Україні та наслідків її впливу на довкілля, економіку і суспільство, потрібно активно досліджувати і розробляти нові теоретичні концепції, методичні та економіко-правові підходи, спрямовані на вирішення цих викликів відповідно до національних і регіональних особливостей розвитку туризму та рекреації.

Основними проблемами сьогодення, які гальмують імплементацію концепції сталого розвитку туризму і рекреації в Україні, є заміновані тисячі гектарів території України, забруднені боєприпасами території, знищені значні площі лісового фонду, зруйнована інфраструктура тощо. За даними ООН, Україна – одна із найбільш замінованих країн світу (Волковська, Дубовіч, 2023).

Забруднені боєприпасами регіони України є вкрай небезпечними для здоров'я та життя не лише людей, але й всього живого. Вибухи снарядів, рух військової техніки є джерелом забруднення атмосфери, ґрунтів і ґрунтових вод. Нерозірвані боєприпаси тривалий час отруюватимуть ґрунти і ґрунтові води, виділяючи важкі метали та інші токсичні речовини. Внаслідок російсько-української війни відбулося 995 лісових пожеж на площі 14 927 га. На сьогодні поки що складно визначити реальний обсяг шкоди та збитків, завданих лісовому фонду України внаслідок збройної агресії з боку Росії (Міністерство захисту довкілля..., 2022).

Оскільки на тимчасово окупованій та захопленій російськими військами території України (АР Крим, частини Донецької, Луганської, Херсонської, Запорізької та інших областей), а також на території, де відбуваються активні бойові дії та регіонах з підвищеним ризиком небезпеки (прикордонні з Російською Федерацією області – Чернігівська, Сумська, Харківська та ін.), де відбуваються часті обстріли російськими військами (Волковська, Ду-

бовіч, 2023), немає можливості забезпечити охорону довкілля, раціональне використання і відтворення природних ресурсів, а також забезпечити безпеку для населення. Відповідно, відсутні будь-які умови для імплементації концепції сталого розвитку туризму і рекреації на території України.

Для успішної реалізації теоретичних положень і методичних підходів щодо імплементації концепції сталого розвитку туризму і рекреації в Україні, важливо враховувати різноманітність регіональних умов, що впливають на організацію і розвиток цієї сфери, зокрема на: тимчасово окупованій території України (АР Крим, частина Донецької та Луганської областей); тимчасово захопленій території України з початку повномасштабної війни (частини Херсонської, Запорізької та інших областей); території, де ведуться активні бойові дії (прифронтові регіони – Донецька, Луганська, Херсонська, Харківська та інші області); території підвищеного ризику (прикордонні з Російською Федерацією області – Сумська, Харківська та ін.), які часто обстрілюють росіяни; території в зоні ризику (прикордонні з Білоруссю області – Волинська, Рівненська, Житомирська, оскільки росіяни можуть атакувати Україну і з півночі); території, де організація та розвиток туризму і рекреації більш-менш безпечні (Закарпатська, Івано-Франківська, Чернівецька та інші області, віддалені від кордону з Російською Федерацією) (Volkovska et al., 2023).

Необхідно зазначити, що наведена класифікація регіональних відмінностей зазнає постійних змін, які пов'язані з подальшим ведення війни на території України.

Регіональні відмінності, які необхідно враховувати під час імплементації концепції сталого розвитку туризму і рекреації в Україні в умовах війни, можна відобразити схематично. На рис. 2 відображено площі територій, які зазнають впливу війни залежно від географічного розташування.

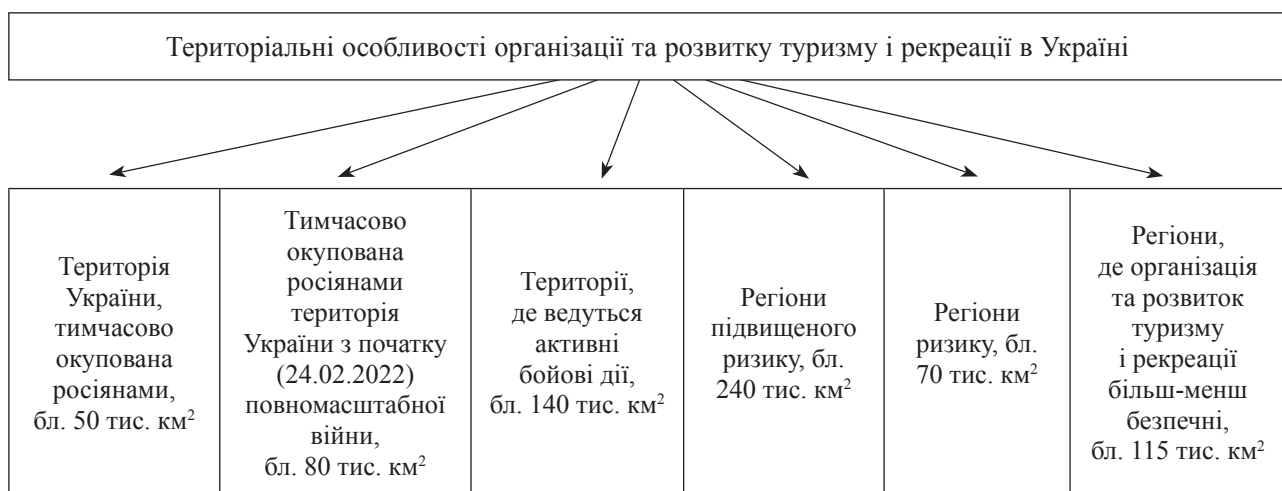


Рис. 2. Територіальні відмінності, які необхідно враховувати при імплементації концепції сталого розвитку туризму і рекреації в Україні в умовах війни (Volkovska et al., 2023)

Fig. 2. Territorial differences that should be taken into account when implementing the concept of sustainable development of tourism and recreation in Ukraine under conditions of war (Volkovska et al., 2023)

На сьогодні неможливо визначити загальні збитки, нанесені Україні внаслідок російсько-української війни, тим більше, що ці збитки кожного дня зростають. Наприклад, з проведеної (у лютому 2024 р.) експертної оцінки Світового банку, Європейської комісії та ООН, а також із заяви країн G7 випливає, що Росія повинна виплатити Україні 486 млрд доларів США за завдані збитки внаслідок війни. Найбільше постраждали житло, транспорт, торгівля, промисловість, енергетика, сільське господарство. На території України близько 10% житлового фонду пошкоджено або зруйновано (G7: Росія має виплатити Україні 486 млрд доларів за завдані збитки, 2024).

На думку українських експертів, Росія завдала збитків лише довкіллі України на понад 1,35 трильйона грн, що становить приблизно 355 млрд доларів США (Росія завдала збитків довкіллі України на понад 1,35 трильйона, 2022).

В Україні затверджена Методика визначення шкоди та збитків, заподіяних громадянам України внаслідок збройної агресії Російської Федерації (ВРУ, 2019). Наприклад, втрати у зв'язку із неможливістю використання корисних властивостей лісів для оздоровчих, туристичних, рекреаційних, спортивних та інших цілей на умовах тимчасового користування лісами (довгострокове і короткострокове) й недоотримання сплати рентної плати у місцевий бюджет, визначають за формулою:

$$\text{РШТКЛ} = T \times \text{НГОЛД} \times \text{Пл} \times \text{РпТКЛ},$$

де РШТКЛ – розмір шкоди із неможливістю використання корисних властивостей лісів, грн;  $T$  – термін неможливого користування лісовими ділянками, років; НГОЛД – нормативна грошова оцінка земельної лісової ділянки, грн; Пл – площа лісової ділянки, яка виділена у тимчасове користування, га; РпТКЛ – ставка рентної плати на умовах тимчасового користування лісами, %.

Аналізуючи затверджену Методику визначення шкоди та збитків, потрібно зауважити, що в цій методиці враховано лише частину економічних збитків. Вважаємо, що для визначення об'єктивної / реальної шкоди та збитків, заподіяних туризму і рекреації, громадянам України внаслідок збройної агресії Російської Федерації, необхідно врахувати не лише економічні збитки, але й інші втрати (втрата життя й здоров'я людей, роз'єднання українських родин, зруйновані умови для проживання громадян, пошкоджені або зруйновані житлові будинки, моральні, естетичні та багато інших збитків).

Неможливо об'єктивно визначити реальну шкоду та збитки, заподіяні громадянам України внаслідок війни Російської Федерації проти України без оцінювання екосистемних послуг, збитки спричинені кожній галузі, зокрема туризму і рекреації. Окрім того, потрібно також врахувати, що російські військові, які перебувають на території України незаконно ще з 2014 р. (АР Крим, частина Донецької і Луганської областей), навмисно

руйнують і знищують природні ресурси, які належать українському народу, замінують території, що створює небезпеку і загрозу для громадян України, забруднюють довкілля тощо. Чимало підприємств повністю зруйновані російськими військовими. Саме тому у запропонованій методиці повинні бути враховані всі збитки, які завдані громадянам України, а Російська Федерація має відшкодувати ці збитки у повному обсязі й понести відповідальність за всі вчинені нею злочини на території України.

**Дискусія (Discussion).** Результати наукового дослідження підтверджують, що туризм і рекреація є однією із найперспективніших і динамічних галузей економіки, ключовим рушієм соціально-економічного розвитку. Актуальність науково-досліджуваної проблематики зумовлена низкою теоретико-методичних та економіко-правових проблем щодо імплементації концепції сталого розвитку туризму й рекреації в Україні.

В опублікованих наукових працях (Steck, 1999; Honey, 2008; Мальська та ін., 2014; Мальська, Гришук, Масюк, 2015; Павліха, Цимбалюк, Савчук, 2022 та ін.), присвячених теоретико-методичним та економіко-правовим проблемам туризму і рекреації, недостатньо уваги звернено на регіональні соціально-економічні та екологічні особливості України. На сьогодні частину регіонів України тимчасово окуповано та захоплено російськими військами, на значній території відбуваються активні бойові дії, окремі регіони (прикордонні з Російською Федерацією) знаходяться у зоні підвищеної небезпеки, де відбуваються часті обстріли російськими військами. В цих регіонах відсутні можливості для проведення будь-яких організаційно-економічних заходів, зокрема для реалізації концепції сталого розвитку туризму і рекреації. Саме тому на сьогодні виникає потреба удосконалити теоретичні та методичні основи, а також економіко-правові підходи, спрямовані на забезпечення сталого розвитку туризму і рекреації в Україні.

Дискусійні питання виникають щодо затверджені Методики визначення шкоди та збитків, заподіяних громадянам України внаслідок збройної агресії Російської Федерації, в якій, на наш погляд, враховано лише деякі економічні аспекти збитків. Для повного визначення об'єктивних і реальних збитків, завданих громадянам України, необхідно врахувати й інші значимі аспекти, а, саме, втрата життя та здоров'я громадянами України, роз'єднання українських родин, знищення умов для проживання, пошкодження житлових будинків, моральні та інші втрати, які безпосередньо стосуються галузі туризму і рекреації. Окрім того, необхідно врахувати екологічні збитки та руйнування природних ресурсів, включаючи замінування та забруднення території України тощо. Запропонована Методика повинна враховувати всі збитки, спричинені громадянам України, а Російська Федерація

повинна відшкодувати збитки в повному обсязі й відповідати за всі вчинені нею злочини на території України.

Отримані результати наукового дослідження дають можливість зрозуміти необхідність удосконалення теоретико-методичних засад та економіко-правових підходів щодо реалізації сталого розвитку туризму і рекреації в Україні, в яких були б враховані національні та регіональні соціо-еколого-економічні особливості, основні аспекти з охорони, використання і відтворення природних ресурсів, а також стан безпеки для населення.

**Висновки (Conclusions).** У контексті глобальних зусиль щодо реалізації сталого розвитку України зобов'язана розробити та адаптувати комплексні теоретичні концепції та методичні підходи, які охоплюють економічні і правові аспекти. Такий підхід стане основою для імплементації стратегій сталого розвитку на національному рівні. Проте ефективне втілення цих стратегій вимагає створення інтегрованої соціо-еколого-економічної системи, здатної забезпечити значне поліпшення якості та рівня життя населення, відповідаючи при цьому національним інтересам України у сфері сталого розвитку.

У зв'язку з вторгненням Російської Федерації в Україну та пов'язаними з цим воєнними діями на території України, відбувається руйнування природних екосистем, особливо в регіонах, що перебувають під тимчасовою окупацією або в зоні активних бойових дій. Таким чином існує критична потреба у розробленні та впровадженні ефективних заходів з охорони довкілля та забезпечення збалансованого соціо-еколого-економічного розвитку України.

Концепцію сталого розвитку туризму і рекреації можливо імплементувати лише у мирний період, в умовах ефективного функціонування ринкової системи та державного економіко-правового регулювання, координації дій у всіх сферах життя суспільства. Тобто, це можливо здійснити тільки у сприятливих соціо-еколого-економічних умовах, коли є можливість практично втілювати розроблені теоретико-методичні рекомендації науковців.

Імплементація концепції сталого розвитку туризму і рекреації в Україні дає можливість зберегти унікальність місцевої природи, зменшити негативний вплив рекреантів на довкілля, створити належні умови, спрямовані на еколого-економічне виховання населення, покращення рівня життя людей тощо.

На сьогодні неможливо створити відповідні економіко-правові умови для сталого розвитку туризму і рекреації, коли відсутні умови щодо належної охорони навколишнього природного середовища, раціонального використання та відтворення природних ресурсів, а також забезпечення екологічної безпеки, які б відповідали концепції сталого розвитку. Враховуючи незаконне перебування на

території України російських військових, які знищують населення України, а також руйнують природні ресурси, Росія повинна відшкодувати збитки за спричинену шкоду.

Для реалізації теоретичних положень, а також методичних та економіко-правових підходів щодо імплементації концепції сталого розвитку туризму і рекреації в Україні, необхідно врахувати регіональні соціально-економічні, екологічні та інші особливості, що впливають на організацію й розвиток туризму і рекреації.

## Список літератури (References)

- ВРУ (1995). Закон України «Про туризм», № 324/95-ВР. *Відомості Верховної Ради України*, № 31, ст. 24. [VRU (1995) Law of Ukraine "On tourism", № 324/95-ВР. *The Official Bulletin of the Verkhovna Rada of Ukraine*, № 31, Article 24. Retrieved from zakon.rada.gov.ua/laws/main/324/95-%D0%B2%D1%80#Text] (in Ukrainian)
- ВРУ (1996). Конституція України, № 254к/96-ВР. *Відомості Верховної Ради України*, № 30, ст. 141. [VRU (1996). Constitution of Ukraine, № 254к/96-ВР. *The Official Bulletin of the Verkhovna Rada of Ukraine*, № 30, Article 141. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/254%D0%BA/96-%D0%B2%D1%80#Text>] (in Ukrainian)
- ВРУ (2001). Земельний кодекс України, № 2768-ІІІ. *Відомості Верховної Ради України*, № 3-4, ст. 27. [VRU (2001). Land Code of Ukraine, № 2768-ІІІ. *The Official Bulletin of the Verkhovna Rada of Ukraine*, № 3-4, Article 27. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14#Text>.] (in Ukrainian)
- ВРУ (2003). Господарський кодекс України, № 436-ІV. *Відомості Верховної Ради України*, № 18, № 19-20, № 21-22, ст. 144. [VRU (2003). Economic Code of Ukraine. *The Official Bulletin of the Verkhovna Rada of Ukraine*, № 18, № 19-20, № 21-22, Article 144. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/436-15#Text>] (in Ukrainian)
- ВРУ (2003). Цивільний кодекс України, № 435-ІV. *Відомості Верховної Ради України*, № 40-44, ст. 356. [VRU (2010). The Civil Code of Ukraine, № 435-ІV. *The Official Bulletin of the Verkhovna Rada of Ukraine*, № 40-44, Article 356. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/435-15#Text>] (in Ukrainian)
- ВРУ (2010). Податковий кодекс України, № 2755-VІ. *Відомості Верховної Ради України*, № 13-14, № 15-16, № 17, ст. 112. [VRU (2010) Tax Code of Ukraine, № 2755-VІ. *The Official Bulletin of the Verkhovna Rada of Ukraine*, № 13-14, № 15-16, № 17, Article 112. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/2755-17#Text>] (in Ukrainian)
- ВРУ (2013). Закон України «Про зайнятість населення», № 5067-VІ *Відомості Верховної Ради України*, № 24, ст. 243. [VRU (2013). Law of Ukraine "On Population Employment", № 5067-VІ. *The Offi-*

- cial Bulletin of the Verkhovna Rada of Ukraine*, № 24, Article 243. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5067-17#Text>] (in Ukrainian)
- ВРУ (2019). Наказ Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України «Про затвердження Методики визначення шкоди та збитків, заподіяних лісовому фонду внаслідок збройної агресії Російської Федерації», № 414. [VRU (2019). Order of the Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine “On the approval of the Methodology for determining damage and losses caused to the forest fund as a result of the armed aggression of the Russian Federation”, № 414. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1308-22#Text>] (in Ukrainian)
- КМУ (2004). Постанова Кабінету Міністрів України «Перелік підприємств, які мають стратегічне значення для економіки і безпеки держави», № 1734. [CMU (2004). Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine “List of enterprises of strategic importance for the economy and security of the state”, № 1734. Retrieved from <https://www.kmu.gov.ua/npas/10493361>] (in Ukrainian)
- КМУ (2017). Розпорядження Кабінету Міністрів України «Про схвалення Стратегії розвитку туризму та курортів до 2026 року», № 168-р. [CMU (2017). Decree of the Cabinet of Ministers of Ukraine “On approval of the Strategy for the development of tourism and resorts until 2026”, № 168-p. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/168-2017-%D1%80#Text>] (in Ukrainian)
- Волковська, Ю.І., Дубовіч, І.А. (2023). Особливості економіко-правового регулювання сталого ведення лісового господарства України в умовах зміни клімату. *Економіка України*, 9(742), 70-83. [Volkovska, Y.I., & Dubovich, I.A. (2023). Features of economic and legal regulation of sustainable forest management in Ukraine in a changing climate. *Economy of Ukraine*, 9(742), 70-83. Retrieved from [http://economyukr.org.ua/?page\\_id=723&lang=uk&aid=652](http://economyukr.org.ua/?page_id=723&lang=uk&aid=652)] (in Ukrainian)
- Мальська, М.П., Рутинський, М.Й., Білоус, С.В., Мандюк, Н.Л. (2014). *Економіка туризму: теорія та практика*. Київ: Центр учбової літератури. [Malska, M.P., Rutynskyi, M.Y., Bilous, S.V., & Mandiuk, N.L. (2014). *Economics of tourism: theory and practice*. Kyiv: Center for Educational Literature] (in Ukrainian)
- Мальська, М.П., Гришук, А.М., Масюк, Ю.О. (2015). Впровадження зарубіжного досвіду стратегічного управління розвитком туризму: можливості та перспективи для України. *Економічний часопис-XXI*, 155, 78-81. [Malska, M.P., Hryshchuk, A.M., & Masiuk, Yu.O. (2015). Implementation of international experience in strategic management of tourism development: opportunities and prospects for Ukraine. *Economic annals-XXI*, 155, 78-81. Retrieved from <http://jnas.nbuv.gov.ua/article/UJRN-0000582725>] (in Ukrainian)
- Павліха, Н.В., Цимбалюк, І.О., Савчук, А.Ю. (2022). *Сталий розвиток туризму та рекреації: сучасні виклики й перспективи для України*. Луцьк: Вежа-Друк. [Pavlikha, N.V., Tsymbalyuk, I.O., & Savchuk, A.Yu. (2022). *Sustainable development of tourism and recreation: modern challenges and prospects for Ukraine*. Lutsk: Vezha-Druk. Retrieved from [evnuir.vnu.edu.ua/bitstream/123456789/20754/1/tyruzsm\\_2022.pdf](https://vnu.edu.ua/bitstream/123456789/20754/1/tyruzsm_2022.pdf)] (in Ukrainian)
- Росія завдала збитків довкіллю України на понад 1,35 трильйона (2022.11.06). *Українська правда*. [Russia has caused damage to the environment of Ukraine for more than 1.35 trillion (2022.11.06). *Ukrainian Pravda*. Retrieved from <https://www.epravda.com.ua/news/2022/11/6/693509/>] (in Ukrainian)
- Стале ведення лісового господарства (2022). Київ: Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. [Sustainable forest management. (2022). Kyiv: Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine. Retrieved from <https://mepr.gov.ua/diyalnist/reformy/stale-vedennya-lisovogo-gospodarstva/>] (in Ukrainian)
- Хаустова, В.Є., Горбатова, Є.Ф. (2010). Проблеми розвитку туристичної галузі в Україні. *Проблеми економіки*, 2, 30. [Haustova, V.E., & Horbatova, E.F. (2010). Problems of the development of the tourism industry in Ukraine. *Problems of the economy*, 2, 30. Retrieved from [https://www.problecon.com/export\\_pdf/problems-of-economy-2010-2\\_0-pages-28\\_33.pdf](https://www.problecon.com/export_pdf/problems-of-economy-2010-2_0-pages-28_33.pdf)] (in Ukrainian)
- Чепурда, Г.М., Беляєва, С.С., Бишовець, Л.Г., Бондарчук, З.В., Герман, І.В., Данилюк, А.М., ... Гавриш, Т.В. (2021). *Стратегії сталого розвитку в туризмі та готельно-ресторанному бізнесі: можливості і проблеми запровадження в Україні*. Черкаси: Черкаський держ. технолог. ун-т. [Chepurda, H.M., Belyaeva, S.S., Byshovets, L.G., Bondarchuk, Z.V., Herman, I.V., Danyliuk, A.M., ... Havrish, T.V. (2021). *Sustainable development strategies in tourism and hotel and restaurant business: opportunities and problems of implementation in Ukraine*. Cherkasy: Cherkasy State Technological University. Retrieved from [https://geography.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2021/11/2021\\_Strategii-staloho-rozvytku-v-turyzmi-ta-hotelno-restorannomu-biznesi-mozhlyvosti-i-problemy-zaprovadzhennia-v-Ukraini.pdf](https://geography.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2021/11/2021_Strategii-staloho-rozvytku-v-turyzmi-ta-hotelno-restorannomu-biznesi-mozhlyvosti-i-problemy-zaprovadzhennia-v-Ukraini.pdf)] (in Ukrainian)
- Honey, M. (2008). *Ecotourism and Sustainable Development: Who Owns Paradise?* (Second ed.). Washington DC: Island Press.
- G7: Росія має виплатити Україні 486 млрд доларів за завдані збитки (2024.06.14). *Хвиля* [G7: Russia must pay Ukraine \$486 billion for damages. (2024.06.14). *Hvylya*. Retrieved from <https://help.hvylya.net/uk/294414-g7-rossiya-dolzha-vyplatit-ukraine-486-mlrd-dollarov-za-nanesenny-ushcherb>] (in Ukrainian)
- Steck, B. (1999). *Sustainable Tourism as a Development Option. Practical Guide for Local Planners, Developers and Decision Makers*. Eschborn: Federal Ministry for Economic Cooperation and Development.

Sustainable Development (2005). *World Tourism Organization*. Retrieved from <https://www.unwto.org/ru/node/79>

Volkovska, Y., Dubovich, I., Vyniarska, M., & Petretchi, N.M. (2023). Forest Management in Ukraine Under War Conditions. *Bulletin of the Transilvania University of Brasov. Series II: Forestry, Wood Industry, Agricultural Food Engineering*, 16(65), №2, 69-80. <https://doi.org/10.31926/but.fwi-afe.2023.16.65.2.4>

### Modern theoretical-methodological and economic-legal problems of implementing the concept of sustainable development of tourism and recreation in Ukraine

I. Dubovich<sup>1</sup>, A. Anishchenko<sup>2</sup>, N. Yurkiv<sup>3</sup>,  
Yu. Volkovska<sup>4</sup>, R. Matsko<sup>5</sup>, O. Rozhkovych<sup>6</sup>,  
M.-N. Dubovich<sup>7</sup>, O. Pylypiak<sup>8</sup>

The tourism and recreation industry is one of the most promising and dynamic sectors of the economy and a key driver of socio-economic development.

Over the past 10-15 years, the tourism and recreation industry has been developing rapidly around the world. In many countries, this sector plays a key role in the economy, accounting for about 50% of budget revenues, that is, it is one of the main sources of income for these countries. According to the UN World Tourism Organization, this industry accounts for 10% of global GDP and provides approximately 11% of jobs. Scientists predict a steady increase in the importance of tourism and recreation for the global economy in the coming years.

In the current conditions of Russia's war against Ukraine, tourism and recreation of Ukraine have been among the most affected, and accordingly, this industry has experienced serious instability and suffered heavy losses. For the scientific understanding and assessment of objective damages in the field of tourism and recreation of Ukraine, it is necessary to improve theoretical and methodological approaches, as well as to develop new, more effective economic and legal mechanisms for regulating, stimulating and promoting the development of tourism and recreation in all regions of Ukraine. This approach requires taking into account regional characteristics and ensuring the sustainable development of this sector.

It is substantiated that among the key problems of the sustainable development of tourism and recreation in Ukraine is the full-scale war of Russia against Ukraine, which has led to human casualties, serious damage and significant destruction of the natural environment, objects of cultural and historical heritage, as well as enterprises that are strategically important for the country's economy and security.

Attention is drawn to the main theoretical-methodological and economic-legal problems related to the implementation of the concept of sustainable development of tourism and recreation, which require effective and rational use of natural resources, their protection and reproduction at all levels – national, regional and local. It is noted that tourism and recreation in Ukraine is an industry with great potential and prospects, but at the same time it is a complex and dynamic system that covers various regional, ecological, economic, organizational and other aspects.

It is emphasized that Ukraine, due to its unique natural resources, rich historical heritage and socio-cultural values, has great potential in the field of tourism and recreation, which creates opportunities for its development throughout the year.

It is found that in order to achieve effective results regarding the organization, functioning and development of tourism and recreation, a number of regulatory legal acts were adopted in Ukraine. It is emphasized that the main problems that are currently hindering the implementation of the concept of sustainable develop-

<sup>1</sup> *Ion Dubovich* – Corresponding Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, PhD in 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](mailto:iondubovici@ukr.net) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3719-7957>

<sup>2</sup> *Alla Anishchenko* – PhD in Pedagogical Sciences, Associate Professor at the Department of Museum and Tourist Activities Kharkiv State Academy of Culture, 4 Bursatskyi uzviz, Kharkiv, 61057, Ukraine. E-mail: [alla.an.ua@gmail.com](mailto:alla.an.ua@gmail.com) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4162-1298>

<sup>3</sup> *Nadia Yurkiv* – PhD in Economic Sciences, Associate Professor, Deputy Director of Institute of Ecological Economics and Management. Ukrainian National Forestry University, 105 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. E-mail: [borysnadia@ukr.net](mailto:borysnadia@ukr.net) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8914-6473>

<sup>4</sup> *Yuliia Volkovska* – Postgraduate student at the Department of Ecological Economics and Business. Ukrainian National Forestry University, 105 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. E-mail: [volkovska.yuliia@nltu.edu.ua](mailto:volkovska.yuliia@nltu.edu.ua) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2594-8864>

<sup>5</sup> *Rostyslav Matsko* – Postgraduate student at the Department of Ecological Economics and Business. Ukrainian National Forestry University, 105 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. E-mail: [rostyslavmatsko@gmail.com](mailto:rostyslavmatsko@gmail.com) ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-3062-948X>

<sup>6</sup> *Oleh Rozhkovych* – Postgraduate student at the Department of Ecological Economics and Business. Ukrainian National Forestry University, 105 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. E-mail: [olehrozhkovych@gmail.com](mailto:olehrozhkovych@gmail.com) ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-2385-7327>

<sup>7</sup> *Mariana-Nadiia Dubovich* – a fourth-year student of the Faculty of Law of the Ivan Franko National University of Lviv, 14 Sichovyh Striltsiv st., Lviv, 79000, Ukraine. E-mail: [dubovichmariana@gmail.com](mailto:dubovichmariana@gmail.com) ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5107-3216>

<sup>8</sup> *Oksana Pylypiak* – Senior lecturer at the Department of Economics and Entrepreneurship of the European University, 5 Kushevycha st., Lviv, 79019, Ukraine. E-mail: [oksanka.pulupjak@gmail.com](mailto:oksanka.pulupjak@gmail.com) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7263-7030>

ment of tourism and recreation in Ukraine today are, first of all, the fact that hundreds of hectares of the territory of Ukraine are mined, the territories are contaminated with ammunition, large areas of the forest fund have been destroyed, the infrastructure has been destroyed, etc.

It is noted that the Methodology for determining damage and losses, approved by the Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine, takes into account only a part of economic losses, while other significant losses that directly relate to the tourism and recreation industry (loss of life and health of the population of Ukraine, separation Ukrainian families, destroyed living conditions of Ukrainian citizens, damaged or destroyed residential buildings, moral, aesthetic and many other damages) are not taken into account.

It is substantiated that for an objective assessment of damage and the amount of damage, it is also necessary to take into account environmental damage and destroyed natural resources, including mined and polluted hundreds of hectares of the territory of Ukraine, etc. It is noted that the proposed Methodology should take into account all damages caused to citizens of Ukraine, and the Russian Federation should compensate for the damages in full and be held accountable for all crimes it has committed, both in tourism and

recreation, and in other sectors of the economy on the territory of Ukraine.

For the successful implementation of theoretical provisions, methodological and economic-legal approaches to the implementation of the concept of sustainable development of tourism and recreation in Ukraine, it is proposed to take into account regional socio-ecological and economic features. Attention is drawn to the variety of regional conditions affecting the organization and development of tourism and recreation in Ukraine.

It is noted that the obtained results of the scientific research make it possible to understand the need to improve theoretical and methodological principles and economic and legal approaches to the implementation of sustainable development of tourism and recreation in Ukraine, which would take into account national and regional socio-ecological and economic features, protection, use and reproduction of natural resources, as well as the state of public safety.

**Key words:** problems of sustainable development of tourism and recreation; regional socio-ecological-economic features; the natural environment damage; the impact of war on tourism and recreation; ensuring environmental safety; economic and legal aspects; protection of natural resources; rational use of natural resources.



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

<http://fasu.nltu.edu.ua>  
<https://doi.org/10.15421/412422>

Article received 2024.03.23  
Article accepted 2024.10.18

ISSN 1991-606X print

ISSN 2616-5015 online

@ ✉ Correspondence author

Natalia Lusiv

[natalusiv@gmail.com](mailto:natalusiv@gmail.com)

103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine

УДК 630\*3/8:528.93

## Використання геоінформаційних систем як інноваційних інструментів стратегії розвитку та підвищення ефективності діяльності суб'єктів лісового господарства

Н. Г. Луців<sup>1</sup>, П. В. Чухна<sup>2</sup>

*Розглянуто напрями використання потенціалу геоінформаційних систем (ГІС) для інтеграції екологічних та економічних параметрів лісокористування у процеси управління лісами.*

*Результати дослідження підтвердили, що ГІС забезпечують високу точність моніторингу стану лісів, автоматизацію процесів інвентаризації лісових ресурсів, оцінювання біорізноманіття та вартості екосистемних послуг. Застосування супутникових даних Sentinel-2 і Landsat у поєднанні з індексами NDVI та EVI відобразило можливість знаходження критичних зон лісових територій для прийняття управлінських рішень щодо збереження біорізноманіття. Аналіз трьох сценаріїв управління (інтенсивна лісозаготівля, сталий розвиток і консервація) виявив, що стратегія сталого розвитку забезпечує оптимальний баланс між економічною та екологічною ефективністю лісокористування, зберігаючи до 80% біорізноманіття і підвищуючи нагромадження вуглецю на 10%.*

*Економічна ефективність використання ГІС відображається через отримання ефектів від інтеграції просторових даних у процеси автоматизованого збору, обліку, економічного аналізу та підтримки управління. Застосування ГІС для аналізу і прогнозування сприяє збільшенню доходів лісокористувачів завдяки точному оцінюванню запасів лісу, встановленню економічно вигідних територій для заготівлі деревини, скороченню витрат на логістику.*

*Акцентовано увагу на значенні отриманих результатів для інтеграції екологічних та економічних параметрів у стратегію діяльності суб'єктів лісогосподарської діяльності, зокрема у міжнародні ініціативи, таких як REDD+.*

**Ключові слова:** цифрові технології; управлінські рішення; екологічні параметри; економічний ефект; витрати; доходи; сталий розвиток; лісові ресурси.

**Вступ (Introduction).** Питання сталого розвитку лісових екосистем є одним із пріоритетних, адже від їхнього стану залежить екологічна рівновага планети, якість та рівень життя людства. На сьогодні суб'єкти лісового господарства зіштовхуються з численними викликами, насамперед, обмеженістю ресурсів, необхідністю дотримання принци-

пів сталого розвитку, підвищенням продуктивності та зниженням витрат. У цьому контексті впровадження інноваційних технологій стає необхідністю, адже традиційні підходи до управління лісовими ресурсами не враховують усіх просторових аспектів, що призводить до зниження ефективності діяльності суб'єктів лісової галузі.

<sup>1</sup> Луців Наталія Григорівна – член-кореспондент Лісівничої академії наук України, кандидат економічних наук, доцент кафедри економіки, туризму і рекреації. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. E-mail: [natalusiv@gmail.com](mailto:natalusiv@gmail.com) ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5588-7778>

<sup>2</sup> Чухна Павло Васильович – здобувач програми доктора філософії кафедри економіки, туризму і рекреації. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. E-mail: [chukhna.pavlo@nltu.lviv.ua](mailto:chukhna.pavlo@nltu.lviv.ua) ORCID: <http://orcid.org/0009-0009-1789-792X>

В Україні питаннями цифрового моніторингу лісових ресурсів займалися низка дослідників (Turner et al., 2007; Бурштинська, Поліщук, Ковальчук, 2013; Цуняк, Часковський, Король, 2013; Слободяник, 2014; Yun, Kang, Kim, & Kang, 2019; Миронюк, 2020; Zhu, & Song, 2020). На сьогодні є багато публікацій у цьому напрямі, однак питання застосування геоінформаційних систем для визначення екологічних та економічних параметрів лісокористування і впровадження їх у практику діяльності лісокористувачів все ще залишається недостатньо вивченим.

*Мета досліджень* полягала в аналізі використання геоінформаційних систем як інноваційного інструмента сталого розвитку лісового господарства України. Для досягнення поставленої мети проаналізовано сучасні світові підходи щодо використання геоінформаційних систем в управлінні лісовими ресурсами; оцінено можливості застосування ГІС для аналізу еколого-економічних параметрів використання лісів; запропоновано основні напрями подальших досліджень щодо використання ГІС в управлінні лісовими ресурсами України.

**Об'єкти та методика дослідження (Objects and methods).** *Об'єкт дослідження* – система управління лісовими ресурсами, зокрема її інформаційно-технічна складова, що включає використання геоінформаційних систем. *Предмет дослідження* – процеси, пов'язані з використанням геоінформаційних систем у практиці управління лісовими ресурсами.

Під час виконання завдань дослідження використано такі методи: теоретичний – для узагальнення інформації; порівняння – для аналізу результатів моделювання різних практик лісокористування; графічний (таблиці) – для представлення даних дослідження. Інформаційною базою слугували наукові публікації щодо застосування ГІС у сфері менеджменту лісів.

**Результати дослідження (Results).** Геоінформаційні системи (ГІС) – це цифрові технологічні інструменти, які підтримують збір, відображення та аналіз просторової інформації. На сьогодні вони є невід'ємною частиною менеджменту лісів, оскільки здатні забезпечити високоточний моніторинг та автоматизований збір даних щодо стану лісових ресурсів, здійснення їх аналізу, а також моделювання різних сценаріїв використання та управління (Mengy et al., 2023). Завдяки інтеграції даних із супутникових знімків, безпілотних літальних апаратів, польових обстежень та інших джерел, ГІС-технології дають змогу отримувати комплексні відомості про стан лісів у режимі реального часу. Це підвищує об'єктивність оцінювання економічних, екологічних і соціальних аспектів лісокористування та сприяє прийняттю ефективних управлінських рішень.

Розглянемо основні напрями використання ГІС у сучасній практиці управління лісами.

*Інвентаризація і моніторинг лісів.* У США в рамках Програми інвентаризації та аналізу лісів (FIA) здійснюється розробка схеми постстратифікації з використанням ГІС (Westfall, & Randall, 2013). На першому етапі (фаза 1) використовують дані, зібрані супутниковим зондуванням (Sentinel-2, Landsat), аерофотознімки, дані з безпілотників та результати спектрального аналізу лісового покриття засобами ГІС. Ця схема допомагає зменшити дисперсію оцінок, що підвищує точність аналізу шляхом стратифікації території на основі однорідних характеристик лісового покриття, дає змогу ранжувати зони господарського використання лісів.

Результати досліджень А. А. Мельника, М. О. Ячнюка (2022) підтверджують ефективність використання ГІС для проведення інвентаризації лісів. Автори зазначають, що за допомогою космічних знімків Sentinel 2 з архіву Геологічної служби США у ГІС – QGIS можна створювати векторизовані шари окремих територій, вивчати наявність та особливості ділянок зрубів лісів. Такий аналіз важливий для оцінювання масштабів втрат лісового покриття та прийняття рішень щодо його відновлення.

*Оцінювання якості лісів.* Супутникові знімки Sentinel-2 і Landsat можна використовувати для розробки інтерактивних карт, які відображають «гарячі точки» біорізноманіття та показують стан якості лісів. Зокрема, деталізовані просторові карти динаміки змін лісових територій, створені на основі даних Landsat, застосовують для визначення регіонів із високим рівнем деградації лісів (Hansen et al., 2013). Ці карти можна використовувати для планування лісовідновлювальних заходів та визначення пріоритетних територій для збереження лісових екосистем.

Аналіз ГІС, здійснений на основі індексів вегетації NDVI та EVI, широко використовують для оцінювання змін густоти лісового покриття, що дає змогу встановити стан рослинності та продуктивність екосистем. Проведене оцінювання за допомогою індексу вегетації NDVI на території Полісся показало, що 15% лісових територій цього регіону перебувають у стані деградації та потребують термінових відновлювальних заходів (Лялько та ін., 2018).

Поряд з NDVI (простий показник кількості фотосинтетичної активної біомаси), використовують індекс EVI (розширений вегетаційний показник). Методика розрахунків EVI додатково враховує рівень атмосферних впливів, що підвищує точність його оцінювання. Так дані, отримані і опрацьовані за допомогою ГІС на основі супутникових знімків Landsat з визначенням індексу EVI у тропічних високогірних регіонах, показали ефективність використання цієї методики для аналізу зміни лісового покриття, оцінювання стану деревостанів та ідентифікації «гарячих точок» біорізноманіття (Goparaju, & Sinha, 2016). Адаптація цих методів

до українських умов дасть змогу врахувати специфіку національних екосистем і впливи клімату.

Стійкість громадських лісів забезпечується шляхом збереження їхнього потенціалу. R. Safe'i, & A. Ure (2022) вказують на можливість розробки карт здоров'я дерев з використанням ГІС-технологій. Це допоможе швидше ідентифікувати зони лісів, які потребують втручання. Такий підхід дасть змогу вчасно здійснювати профілактичні заходи (знищення шкідників, запобігання розвитку хвороб тощо), що підвищить продуктивність лісів, їхню стійкість та знизить втрати.

Оцінювання вартості екосистемних послуг. W.R. Turner et al. (2007) підкреслюють важливість використання ГІС для оцінювання екосистемних послуг, насамперед регулювання водних ресурсів, нагромадження вуглецю та збереження біорізноманіття. Застосування ГІС-технологій дає змогу не лише кількісно оцінювати ці послуги, але й створювати моделі прогнозування їхнього майбутнього стану залежно від змін клімату та впливу людської діяльності.

Методологія оцінювання прямої вартості екосистемних послуг може базуватися на методах, які передбачають використання ГІС для збору даних, виконання просторового аналізу та картування економічних витрат екосистемних послуг. Такий підхід було застосовано в Китаї (округ Тяньтай) на території 1423,8 км<sup>2</sup> (Chen, Li, & Wang, 2009). Окремі компоненти екосистемних послуг (сільсько-господарська і лісова продукція, туристичні послуги) в районі дослідження було нанесено на карту у вигляді шарів даних в ГІС, причому кожен шар містив вартісні значення для кожного осередку розміром 25 м<sup>2</sup>. В результаті такого підходу було встановлено просторову вартість визначених компонентів екосистемних послуг.

Оцінювання різних практик управління лісами. Такі дослідження передбачають аналіз та порівняння підходів до використання, відновлення і збереження лісових ресурсів з урахуванням їх екологічної, економічної та соціальної ефективності. M.C. Hansen et al. (2013) здійснили математичне моделювання, яке включало використання симуляційних моделей для оцінювання впливу різних сценаріїв управління лісами на ключові екологічні та економічні показники лісокористування. Для еколого-економічного моделювання сценаріїв управління лісами використано дані супутникового зондування та просторові моделі ГІС, які враховували біорізноманіття, нагромадження вуглецю та економічну вигоду. Для валідації моделей автори застосували методи перехресної перевірки, порівнюючи результати прогнозування з даними польових досліджень. У випадках значних розбіжностей вносили корективи до входних параметрів моделей, таких як точність класифікації земного покриття або розрахунки біомаси.

Здійснений M.C. Hansen et al. (2013) аналіз охоплював три сценарії управління лісами: інтенсивну лісозаготівлю, сталий розвиток і консервацію.

**Інтенсивна лісозаготівля.** Ця практика ведення лісового господарства зосереджена на максимальному використанні лісових ресурсів з метою забезпечення короткотермінового економічного результату. Встановлено, що такий підхід призводить до значних втрат екосистемних послуг, включаючи зниження рівня біорізноманіття і нагромадження вуглецю. Для прикладу, на території Полісся інтенсивна заготівля лісів спричинила деградацію 30% водно-болотних екосистем, що значно вплинуло на регіональну екологічну стабільність.

**Сталий розвиток.** Така практика здатна забезпечити баланс між економічною ефективністю та екологічною стійкістю. Основними результатами сталого ведення лісового господарства є збереження «гарячих точок» біорізноманіття; зростання нагромадження вуглецю; забезпечення стабільного економічного доходу від надання екосистемних послуг. За результатами досліджень M.C. Hansen, et al. (2013) встановлено, що у Карпатах використання сталих практик сприяло збереженню 80% «гарячих точок» біорізноманіття. Просторові карти, створені за допомогою ГІС, допомогли визначити регіони з найвищим потенціалом для поглинання вуглецю, які мають пріоритет для відновлення. Наприклад, у Карпатах ідентифіковано ділянки з високою густотою ялинових лісів, в яких прогнозується зростання нагромадження вуглецю на 30%. При цьому, економічна ефективність ведення сталих практик є стабільною.

**Консервація.** Стратегія управління орієнтована на збереження природного стану лісових екосистем. Такий підхід сприяє зростанню нагромадження вуглецю і збереженню «гарячих точок» біорізноманіття. Так, на території Полісся реалізація сценарію консервації зменшила антропогенний вплив на водно-болотні угіддя, що сприяло відновленню їхньої природної динаміки. При цьому варто зазначити, що економічний ефект за такої практики управління лісовими ресурсами є мінімальним внаслідок обмеження господарської діяльності. Результати узагальненого аналізу подано в табл. 1.

Отримані результати засвідчують, що сценарій сталого розвитку є оптимальним з погляду балансу між екологічною та економічною ефективністю. Практика інтенсивної лісозаготівлі може застосовуватися лише у регіонах із низькою екологічною цінністю, тоді як консервація є найбільш доцільною для територій із високим рівнем біорізноманіття та значним нагромадженням вуглецю.

Результати аналізу визначених практик підкреслюють важливість урахування як екологічних, так і економічних факторів у прийнятті управлінських рішень.

**Оцінювання економічного ефекту сталих практик лісокористування.** За допомогою методів умовного оцінювання надано оцінку економічної цінності послуг лісових екосистем, включаючи нагромадження вуглецю (Abdelrhman, Almaleeh,

& Elshareef, 2022). Результати їхнього дослідження продемонстрували, що сталі практики управління лісами можуть значно підвищити рівні нагромадження вуглецю, що підтверджує необхідність їх впровадження для зниження рівня викидів парникових газів.

W. Stefanoni et al. (2023) зазначають, що використання ГІС для оцінювання нагромадження вуглецю в лісах Центральної Італії дало змогу визна-

чити пріоритетні регіони для здійснення лісозаготівлі, які мають високий потенціал. Дослідження будувалося на основі застосування методу аналізу ієрархій (МАІ) в середовищі ГІС. Автори наголошують, що застосування МАІ в ГІС дає об'єктивну інформацію щодо отримання максимального економічного ефекту та мінімізації екологічної шкоди при плануванні лісозаготівель суб'єктами лісового господарства.

**Таблиця 1. Ключові показники результативності за різними практиками управління лісовими ресурсами**

**Table 1. The Key Performance Indicators for Different Forest Resource Management Practices**

| Показник                       | Інтенсивна лісозаготівля  | Сталий розвиток            | Консервація       |
|--------------------------------|---------------------------|----------------------------|-------------------|
| Нагромадження вуглецю (%)      | Зменшення на 35%          | Збільшення на 10%          | Збільшення на 35% |
| Збереження біорізноманіття (%) | Зменшення на 50%          | Збереження до 80%          | Збереження до 90% |
| Економічна ефективність        | Висока (короткотермінова) | Стабільна (довготермінова) | Низька            |

Н. Li, S. Liu, T. Cai (2022) запропонували методику вимірювання економічної вигоди від екосистемних послуг на основі інформаційної обробки бази великих даних, яка дає змогу оцінювати не лише економічну ефективність використання лісів, але й їхню екологічну та соціальну цінність для місцевих громад.

Важливу роль ГІС відіграють і в моделюванні економічних результатів діяльності суб'єктів лісокористування. У Румунії було проведено дослідження із застосуванням наземного лазерного сканування та ГІС для оцінювання потенційних економічних ефектів від використання лісових ресурсів (Cristea, & Josea, 2015). Це дослідження демонструє, що поєднання новітніх технологій з економічними методами дає змогу здійснити комплексне оцінювання цінності лісів для суспільства.

У Фінляндії проведено дослідження щодо можливостей оцінювання економічного потенціалу виробництва енергії з відходів деревообробної галузі (кусові відходи, деревна тріска) та паливної

продукції лісозаготівельних підприємств (низькосортна продукція рубок проріджування, гілки, пні тощо) з використанням методів на основі ГІС (Nivala et al., 2016). Було складено регіональну карту балансу енергії лісової мережі, яка враховувала економічні, технічні та екологічні обмеження під час розрахунку різних сценаріїв попиту і пропозиції на паливну продукцію. Такий метод розрахунку потенціалу паливної продукції дає змогу підвищити ефективність діяльності суб'єктів лісового господарства та є корисним для складання програм і планів енергозабезпечення населення і комунальних підприємств на рівні місцевої, муніципальної та регіональної влади, як в коротко-, так і в довготерміновій перспективі.

Отже, завдяки інтеграції просторових даних та їх обробки в середовищі ГІС можна визначити оптимальну стратегію розвитку лісового господарства, скеровану на отримання максимального екологічного та економічного ефектів.

Основні складові економічних ефектів від застосування ГІС систематизовано в табл. 2.

**Таблиця 2. Очікувані економічні результати від впровадження ГІС у практику лісогосподарської діяльності**

**Table 2. Expected economic results from the introduction of GIS into forestry practice**

| Результати                                            | Процеси                                                                                                                   |
|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                                     | 2                                                                                                                         |
| Зниження витрат на моніторинг стану лісових екосистем | Дистанційне зондування та регулярний моніторинг дають змогу зменшити витрати на польові роботи зі збору необхідних даних. |
| Зниження витрат на інвентаризацію лісів               | Автоматизація збору та аналізу даних скорочує час і трудомісткість. Зростає продуктивність.                               |

| 1                                                       | 2                                                                                                                                                            |
|---------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Скорочення витрат на проведення рубок                   | Завдяки аналізу просторових даних можна оптимізувати маршрути транспортування деревини та місця вирубок, що підвищить ефективність логістичних процесів.     |
| Підвищення рентабельності діяльності                    | Збільшення доходів за рахунок обсягу виробництва продукції (рубок на ділянках з найбільшим економічним потенціалом).                                         |
| Збільшення доходів від реалізації нових видів продукції | Використання ГІС дає змогу створювати карти, аналітичні звіти та інші продукти для зовнішніх замовників.                                                     |
| Зниження ризиків                                        | ГІС дають змогу моделювати природні катастрофи, такі як пожежі чи буреломи, а, отже, прогнозувати ризики та завчасно приймати заходи щодо їхнього уникнення. |

**Дискусія (Discussion).** Інтеграція екологічних та економічних даних, отриманих за допомогою ГІС, у процеси управління лісами дає змогу досягти сталого розвитку лісового господарства.

Національні дослідження зосереджуються на адаптації ГІС-технологій до умов окремих регіонів. Інформаційною базою аналізу є супутникові дані Sentinel-2 і Landsat, карти біорізноманіття, а також результати польових досліджень у регіонах України (Лялько та ін., 2018; Мельник, Ячнюк, 2022; Мороз, Никитюк, 2019). Для оброблення зібраних дистанційним зондуванням даних використовують програмне забезпечення ArcGIS, QGIS та модулі InVEST, що дає змогу інтегрувати різні типи даних у єдину систему аналізу (Мельник, Ячнюк, 2022).

Однак, використання стаціонарних геоінформаційних систем, за їх значних переваг, має і низку обмежень. Серед них:

- *технічні обмеження* (обмежений доступ до даних, адже високоякісні дані з комерційних супутників можуть бути дорогими, а дешеві часто мають низьку роздільну здатність, що погіршує якість зображень);
- *екологічні фактори* (погода, сезонність, які впливають на точність моніторингу даних);
- *аналітичні обмеження* (аналіз результатів може бути складним і вимагати спеціалізованих знань у галузі дистанційного зондування, лісового господарства та геоінформатики);
- *економічні фактори* (високі витрати, адже розробка, впровадження та підтримка ГІС-систем вимагають значних фінансових ресурсів);
- *організаційні фактори* (необхідність підготовки спеціалізованих фахівців);
- *юридичні та етичні аспекти* (обмеження на використання даних через ліцензії або національні правила; ризик розголошення даних про приватні або захищені території).

Окремі дослідники (Суска, Полях, 2023) зазначають, що на сучасному етапі для дистанційного моніторингу лісів можна використовувати не тільки стаціонарні геоінформаційні системи (QGIS, SAGA та Google Earth), але й онлайн-ресурс Global Forest Watch (GFW). Веб-додаток GFW є простішим і зручнішим у використанні. Його перевагою є інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, швидка візуалізація даних, можливість спостереження за динамікою змін та оперативний аналіз інформації. Однак потрібно враховувати, що GFW є вузькоспеціалізованим інструментом, який має невеликий функціонал.

Результати дослідження підтверджують, що, незважаючи на певні обмеження, ГІС залишаються важливим інструментом системи сталого управління лісами, зокрема для проведення інвентаризації, моніторингу та масштабних досліджень щодо прогнозування розвитку лісового господарства на національному рівні. Вищої ефективності застосування ГІС можна досягнути при інтеграції з іншими методами, зокрема польовими дослідженнями, дронами зйомками та екологічним моніторингом.

**Висновки (Conclusions).** Підтверджено значний потенціал геоінформаційних систем у забезпеченні політики сталого управління лісовими ресурсами. ГІС ефективно інтегрують просторові, екологічні та економічні дані, що дає змогу аналізувати біорізноманіття, рівень нагромадження вуглецю та інші екосистемні параметри. Завдяки використанню супутникових даних Sentinel-2 і Landsat у поєднанні з індексами NDVI та EVI забезпечується висока точність моніторингу змін у лісових екосистемах, зокрема ідентифікація критичних зон для збереження біорізноманіття та оцінювання впливу прийнятих управлінських рішень.

Аналіз різних практик управління лісами (інтенсивна лісозаготівля, сталий розвиток, консер-

вація) продемонстрував суттєві відмінності у досягненні екологічної та економічної ефективності їх використання. Сценарій сталого розвитку забезпечує баланс між економічною вигодою та екологічною стійкістю, тоді як консервація є найбільш ефективною для збереження біорізноманіття і нагромадження вуглецю. Водночас інтенсивна лісозаготівля хоча й приносить короткотермінову економічну вигоду, проте негативно впливає на довготермінову стійкість екосистем.

Впровадження ГІС-технологій у лісове господарство може підвищити економічну ефективність діяльності лісокористувачів. Підтверджено можливість досягнення таких економічних ефектів: зниження витрат на моніторинг, інвентаризацію лісів, логістику рубок; зростання доходів від рубок на ділянках з найбільшим економічним потенціалом; збільшення доходів від нових видів продукції; зниження ризиків фінансових втрат через стихійні лиха, незаконні рубки; покращення якості управління.

Отримані результати узгоджуються з міжнародними дослідженнями щодо ефективності сталих практик управління лісами. Для прикладу, використання ГІС у глобальних ініціативах, таких як REDD+ (зменшення викидів від зрубів та деградації лісів), може сприяти підвищенню точності моніторингу щодо змін лісового покриву. Запропоновані підходи до оцінювання нагромадження вуглецю лісами та оцінювання біорізноманіття можуть бути адаптовані в Україні, як інноваційні інструменти досягнення стійкого розвитку регіонів з екологічними викликами. Це відкриває нові можливості для міжнародної співпраці та забезпечує універсальність використаних методів і підходів щодо оцінювання сталих практик лісокористування.

Подальші дослідження повинні зосереджуватись на розширенні географічної бази, включаючи екосистеми Лівобережної України та Південного Степу з оцінюванням соціальних аспектів лісокористування. Це дасть змогу створити загальнонаціональну базу даних, яка допоможе у визначенні пріоритетних зон для збереження, відновлення, використання та охорони лісових ресурсів і розвитку лісового господарства на засадах сталого розвитку.

## Список літератури (References)

Бурштинська, Х. В., Поліщук, Б. В., Ковальчук, О. Ю. (2013). Дослідження методів класифікації лісів з використанням космічних знімків високого розрізнення. *Геодезія, картографія і аерофотознімки*, 78, 101-110. [Burshtynska, H. V., Polishchuk, B. V., & Kovalchuk, O. Yu. (2013). Investigation of forest classification methods using high-resolution space images. *Geodesy, cartography and aerial*, 78, 101-110. <https://ena.lpnu.ua/handle/ntb/20062>] (in Ukrainian)

Лялько, В. І., Єлістратова, Л. О., Апостолов, О. А., Ходоровський, А. Я., Чехній, В. М. (2018). Експрес-оцінка ерозійно небезпечних ділянок ґрунтового покриву на території України з використанням даних дистанційного зондування Землі з врахуванням кліматичних факторів та рослинності. *Доповіді Національної академії наук України*, 3, 87-94. [Lyalko, V. I., Yelistratova, L. A., Apostolov, O. A., Khodorovskiy, A. Y., & Chekhniy, V. M. (2018). Rapid assessment of erosion-prone areas of soil cover on the territory of Ukraine using remote sensing data with consideration of climatic factors and vegetation. *Reports of the National Academy of Sciences of Ukraine*, 3, 87-94. <https://doi.org/10.15407/dopovidi2018.03.087>] (in Ukrainian)

Миронюк, В. В. (2020). *Інвентаризація рівнинних лісів України за даними супутникової зйомки*. Харків: АТ «Харківська книжкова фабрика «ГЛОБУС». [Mironyuk, V. V. (2020). Inventory of plain forests of Ukraine according to satellite imagery. Kharkiv: JSC "Kharkiv Book Factory GLOBUS"] (in Ukrainian)

Мельник, А. А., Ячнюк, М. О. (2022). Використання ГІС для моніторингу лісового покриву: приклад Чернівецької області. *Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія: Географічні науки*, 16, 32-39. [Melnik, A. A., & Yachniuk, M. O. (2022). Using GIS for forest cover monitoring: the case of Chernivtsi region. *Scientific Bulletin of Kherson State University. Series: Geographical sciences*, 16, 32-39. <https://doi.org/10.32999/ksu2413-7391/2022-16-3>] (in Ukrainian)

Мороз, В. В., Никитюк, Ю. А. (2019). Вуглецепоглинальна здатність соснових лісових насаджень Київського Полісся. *Захист і карантин рослин*, 65, 133-148. [Moroz, V., & Nykytiuk, Y. (2019). Carbon absorption ability of pine forest plantations in Kyiv Polissya. *Interdepartmental Thematic Scientific Collection of Phytosanitary Safety*, 65, 133-148. <https://doi.org/10.36495/1606-9773.2019.65.133-148>] (in Ukrainian)

Слободяник, М. П. (2014). Використання методів ДЗЗ та ГІС-технологій для моніторингу лісових ресурсів. *Вісник геодезії та картографії*, 1, 27-31. [Slobodyanik, M. P. (2014). Using remote sensing methods and GIS technologies for monitoring forest resources. *Bulletin of Geodesy and Cartography*, 1, 27-31. Retrieved from [http://nbuv.gov.ua/UJRN/vgtk\\_2014\\_1\\_8](http://nbuv.gov.ua/UJRN/vgtk_2014_1_8)] (in Ukrainian)

Суска, А. А., Полях, В. М. (2023). Застосування геоінформаційних технологій для моніторингу лісового покриву. *Планування та використання територій в контексті інклюзивного розвитку: матеріали Міжнарод. наук.-практ. конф., м. Харків: Державний біотехнологічний університет*, 284-286. [Suska, A. A., & Polyakh, V. M. (2023). Application of geoinformation technologies for forest cover monitoring. In *Planning and use of territories in the context of inclusive development: proceedings of International Scientific and practical Conference*, 284-286. Kharkiv: State Biotechnological University] (in Ukrainian)

- Цуняк, А.М., Часковський, О.Г., Король, М.М. (2013). Розподіл наземного вкриття Стрийсько-Сянської Верховини на основі супутникових знімків LANDSAT. *Науковий вісник НЛТУ України*, 23(14), 27-32. [Tsuniyak, A. M., Chaskovsky, O. G., & Korol, M. M. (2013). Distribution of the ground cover of the Stryj-Sian Verkhovyna on the basis of LANDSAT satellite images. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 23(14), 27-32. Retrieved from [https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2013/23\\_14/27\\_Cun.pdf](https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2013/23_14/27_Cun.pdf)] (in Ukrainian)
- Abdelrhman, H.A., Almaleeh, T.A., & Elshareef, I.M.M. (2022). Economic Valuation of Ecosystem Services Provided by Dellanj Forest Using Contingent Valuation Methods. *Journal of Economics and Public Finance*, 8(4), 58-66. <https://doi.org/10.22158/jepf.v8n4p58>
- Chen, N., Li, H., & Wang, L. (2009). A GIS-based approach for mapping direct use value of ecosystem services at a county scale: Management implications. *Ecological Economics*, 68(11), 2768-2776. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.12.001>
- Cristea, C., & Jocea, A. (2015). Applications of Terrestrial Laser Scanning And GIS In Forest Inventory. *Journal of Applied Engineering Sciences*, 5(2), 13-20. <http://dx.doi.org/10.1515/jaes-2015-0016>
- Goparaju, L., & Sinha, D. (2016). Forest cover change analysis of dry tropical forests of Vindhyan highlands in Mirzapur district, Uttar Pradesh using satellite remote sensing and GIS. *Ecological Questions*, 22, 23-31. <https://doi.org/10.12775/EQ.2015.020>
- Hansen, M. C., Potapov, P. V., Moore, R., Hancher, M., Turubanova, F., Thau, D., Stehman, S. V., ... Townshend, J. R. G. (2013). High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change. *Science*, 342(6160), 850-853. <https://doi.org/10.1126/science.1244693>
- Li, H., Liu, S., & Cai, T. (2022). Measurement of Forest Ecological Benefits Based on Big Data. *Sustainability*, 14(12), 7248. <https://doi.org/10.3390/su14127248>
- Merry, K., Bettinger, P. Crosby, M., & Boston, K. (2023). *Geographic information system skills for foresters and natural resource managers*. Amsterdam: Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/C2020-0-03530-9>
- Nivala, M., Anttila, P., Laitila, J., Salminen, O., & Flyktman, M. (2016). A GIS-Based Methodology to Estimate the Regional Balance of Potential and Demand of Forest Chips Geographic Information System. *Journal of Geographic Information System*, 5, 633-662. <http://dx.doi.org/10.4236/jgis.2016.85052>
- Safe'i, R., & Upe, A. (2022). *Mapping of Tree Health Categories in Community Forests in Lampung Province*. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 995(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/995/1/012004>. (in English)
- Stefanoni, W., Tocci, D., Latterini, F., Venanzi, R., Gaglioppa, P., Pari, L., & Picchio, R. (2023). A Preliminary Validation and Assessment of a GIS Approach Related to Precision Forest Harvesting in Central Italy. *Forests*, 14(1), 127. <https://doi.org/10.3390/f14010127>
- Turner, W. R., Brandon, K., Brooks, T. M., Costanza, R., Fonseca, A. B., & Portela, R. (2007). Global Conservation of Biodiversity and Ecosystem Services. *BioScience*, 57(10), 868-873. <https://doi.org/10.1641/B571009>
- Yun, H. J., Kang, D. J., Kim, D., & Kang, Y. (2019). A GIS-Assisted Assessment and Attribute-Based Clustering of Forest Wetland Utility in South Korea *Sustainability*, 11, 4632. <https://doi.org/10.3390/su11174632>
- Westfall, J. A., & Randall, S. M. (2013). A cover-based method to assess forest characteristics using inventory data and GIS. *Forest Ecology and Management*, 298, 93-100. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.02.036>
- Zhu, J., & Song, L. (2020). A review of ecological mechanisms for management practices of protective forests. *Journal of Forestry Research*, 32(2), 435-448. <https://doi.org/10.1007/s11676-020-01233-4>

## The use of Geographic Information Systems as innovative tools for sustainable development strategies and enhancing the efficiency of forest sector entities

N. Lutsiv<sup>1</sup>, P. Chukhna<sup>2</sup>

The article examines the ways of using the potential of Geographic Information Systems (GIS) for integrating ecological and economic parameters of forest use into forest management processes. The research methodology was based on the analysis of scientific publications on the application of GIS in forest management and comparison of various forest management practices.

The obtained results showed that GIS provides high accuracy in forest condition monitoring, automation of forest resource inventory processes, assessment and analysis of biodiversity and the cost of ecosystem services. It was found that the use of Sentinel-2 and Landsat satellite data combined with NDVI and EVI

<sup>1</sup> Lutsiv Nataliia – Corresponding Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, PhD in Economics, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Economics, Tourism and Recreation. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. E-mail: natalusiv@gmail.com ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5588-7778>

<sup>2</sup> Chukhna Pavlo – PhD candidate at the Department of Economics, Tourism and Recreation. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. E-mail: chukhna.pavlo@nltu.lviv.ua ORCID: <http://orcid.org/0009-0009-1789-792X>

indices in GIS systems allows for identifying critical biodiversity zones and making timely management decisions regarding the conservation and restoration of natural resources in these areas.

The study characterized the results of modeling various forest management scenarios. The models utilized satellite sensing data and GIS spatial models that took into account the level of biodiversity conservation, carbon accumulation, and economic benefits. The findings of ecological-and-economic modeling of three management scenarios (intensive logging, sustainable development, and conservation) demonstrated that the sustainable development strategy provides an optimal balance between economic and ecological efficiency in forestry while preserving up to 80% of biodiversity and increasing carbon accumulation by 10%. The intensive logging scenario showed the potential for rapidly achieving high profitability, but it showed a 35% reduction in carbon accumulation and a 50% decrease in forest biodiversity. The conservation scenario showed the best environmental results (up to 90% of forest biodiversity is preserved, and the level of carbon accumulation increases by 35%). However, the economic efficiency of conservation practices is low due to limited forest exploitation.

The economic efficiency of GIS for forestry entities is manifested through the positive effects of integrating spatial data into automated processes for data collection, accounting, economic analysis of forest resources, forecasting changes, and management support. It was found that GIS makes it possible to identify economically advantageous timber harvesting areas, reduce the costs of forest monitoring and inventory, assess the profitability of individual ecosystem service components, calculate the optimal amount of energy production, and minimize the loss of forest resources.

The study confirms that the use of GIS and mathematical modeling methods allows for achieving maximum economic benefits and developing measures to reduce the environmental damage from forest exploitation. The conclusions emphasize the importance of using GIS to integrate ecological and economic parameters into forestry strategies in order to enhance their efficiency, as well as for participation in international programs supporting sustainable forest management practices, such as REDD+.

**Key words:** Digital technologies; managerial decisions; ecological parameters; economic effect; costs; revenues; forest resources.



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

<http://fasu.nltu.edu.ua>  
<https://doi.org/10.15421/412423>  
Article received 2023.12.22  
Article accepted 2024.10.18

ISSN 1991-606X print  
ISSN 2616-5015 online  
@ ✉ Correspondence author  
Svitlana Raspopina  
[s\\_raspopina@ukr.net](mailto:s_raspopina@ukr.net)

86 Hryhoriy Skovoroda st., Kharkiv, 61024, Ukraine

УДК 630\*2(292.486:477)

## Еколого-лісівнича оцінка відповідності складу запроектованих під лісорозведення лісових культур типам лісорослинних умов у степовому кліматі України

С. П. Распопіна<sup>1</sup>, А. А. Суска<sup>2</sup>, Ю. М. Біла<sup>3</sup>, В. В. Горошко<sup>4</sup>

*Проаналізовано динаміку лісорозведення в Україні та показники приживлюваності й збережуваності 1-3-річних лісових культур у степових регіонах (за даними Державного агентства лісових ресурсів України). Найменші значення цих показників встановлено у лісгосподарських підприємствах Дніпропетровської, Донецької, Миколаївської, Херсонської та Запорізької областей. Зокрема на Дніпропетровщині впродовж останнього п'ятиріччя фактична середня приживлюваність лісових культур не перевищувала 41%, що в 1,7 рази нижче ніж нормативний показник (70%). Домінуючою причиною загибелі лісових культур (97,3% випадків), як і в інших степових областях, є посуха.*

*Проаналізовано проекти створення лісових культур у філії «Петриківське лісове господарство» ДП «Ліси України» за 2023 р. щодо відповідності складу запроектованих лісових культур конкретним типам лісорослинних умов. За результатами аналізу динаміки температурного режиму Дніпропетровської обл. за період 2010-2023 рр. встановлено, що під час найбільш активної вегетації (з травня по вересень) екстремально високі температури в середньому зареєстровані впродовж сорока семи днів. При цьому середня кількість днів з температурою від 30 до 35°C становила тридцять п'ять, а з температурою 35-40°C – дванадцять. З огляду на тенденцію посилення посухи та низьку збережуваність деревних рослин у лісових культурах, створених під час лісорозведення, а також зважаючи на результати проведеного аналізу проектів лісових культур, запропоновано шляхи оптимізації складу лісових культур для філії «Петриківське лісове господарство» ДП «Ліси України», запровадження яких може бути ефективним і для інших лісгосподарських підприємств степових регіонів.*

**Ключові слова:** степові ліси; екологічна невідповідність; приживлюваність; сосна звичайна; сосна кримська; посухостійкість.

<sup>1</sup> Распопіна Світлана Петрівна – академік Лісівничої академії наук України, доктор сільськогосподарських наук, завідувачка лабораторії лісового ґрунтознавства УкрНДІЛГА ім. Г. М. Висоцького, вул. Григорія Сковороди, 86, Харків, 61024, Україна; доцент кафедри лісових культур, меліорацій та садово-паркового господарства. Державний біотехнологічний університет, п/в «Докучаєвське – 2» Харківської обл., 62483, Україна. E-mail: [s\\_raspopina@ukr.net](mailto:s_raspopina@ukr.net) ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1880-9364>

<sup>2</sup> Суска Анастасія Анатоліївна – доктор економічних наук, професор, декан факультету лісового господарства, технологій деревообробки та землеустрою. Державний біотехнологічний університет, п/в «Докучаєвське – 2» Харківської обл., 62483, Україна. E-mail: [n.suscka@gmail.com](mailto:n.suscka@gmail.com) ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7465-1776>

<sup>3</sup> Біла Юлія Миколаївна – кандидат сільськогосподарських наук, доцент, завідувачка кафедри лісових культур, меліорацій та садово-паркового господарства. Державний біотехнологічний університет, п/в «Докучаєвське – 2» Харківської обл., 62483, Україна. E-mail: [belay\\_1980@ukr.net](mailto:belay_1980@ukr.net) ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1446-8168>

<sup>4</sup> Горошко Віталій Віталійович – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри лісівництва та мисливського господарства. Державний біотехнологічний університет, п/в «Докучаєвське – 2» Харківської обл., 62483, Україна. E-mail: [lesovodhnau@gmail.com](mailto:lesovodhnau@gmail.com) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8186-6214>

**Вступ (Introduction).** Ліси у степових умовах є нетиповою, але водночас дуже важливою рослинною формацією, що виконує низку різнобічних функцій, зокрема, ґрунто- та водозахисну, екологічну, кліматорегуляторну, соціальну, рекреаційну, естетичну тощо. Ліси представлені різними типами природних угруповань, зокрема, дібровами на вододілах, байрачними лісами, березово-осиковими гаями на пісках та у западинах, сосновими борами на пісках, осичниками у пониженнях, заплавами лісами тощо. Типовим явищем степового ландшафту є розвинена долинно-балкова мережа, схили та вершини якої зайняті байрачними лісами, де ростуть дуб звичайний і його супутники, зокрема клени татарський і гостролистий, ясен, в'яз, липа, береза, а в кущовому ярусі поширені ліщина, бруслина, жостір, жимолость, терен тощо. Типовою особливістю природного степового ландшафту є значний розвиток чагарникової рослинності.

Видатний вчений у галузі пізнання лісових насаджень степової зони О.Л. Бельгард (1971) наголошував, що ліси у Степу здебільшого опиняються в умовах географічної невідповідності, тобто за межами лісової кліматично-географічної зони. Залежно від ґрунтово-підґрунтових умов, вони утворюють ряд від виразної екологічної невідповідності (дуже сухі й солончакові землі), далі – до відносної екологічної невідповідності (сухі, солонцюваті й мокрі позиції), до відносної екологічної відповідності (свіжуваті й сирі місцезростання) та нарешті – до виразної екологічної відповідності (свіжі й вологі гігרותопи). Тільки в останньому випадку можливе формування стійкого, життєздатного та довговічного лісового фітоценозу, що у степових умовах трапляється вкрай рідко.

Природні степові ліси формуються там, де умови відповідають їхнім екологічним потребам, насамперед – за зволоженням. Натепер переважну частину степових лісів створено штучно. У науковій літературі значною мірою представлена інформація щодо технологій вирощування садивного матеріалу та створення лісових культур, зокрема на згарищах в умовах Степу. Так, широко висвітлені питання важливості обробітку ґрунту, зокрема глибокого розпушування (Горейко, 2017; Назаренко та ін., 2020; Sikström et al., 2020), густоти створення лісових насаджень (Groot, & Cortini, 2016) та догляду (боротьба з бур'янами) за ними (Горейко, 2017; Назаренко та ін., 2020), використання механічних, хімічних, біологічних обробок або їхніх комбінацій на етапі початкового розвитку лісових культур (Wiensczyk et al., 2011). Ефективність лісовідновлення значною мірою залежить також від якості садивного матеріалу (Grossnickle, 2005; Горейко, 2017; Маурер та ін. 2009, 2019; Назаренко, Головащенко, Котовська, 2020), зокрема його селекційної цінності (Depardieu et al., 2020). Загалом процес виробництва садивного матеріалу повинен базуватися на комплексному підході та враховувати всі фак-

тори, що забезпечують його якість (Bhadouria et al., 2016). В Україні штучне лісовідновлення основних лісоутворювачів – сосни звичайної та дуба звичайного все частіше здійснюють садивним матеріалом із закритою кореневою системою, зокрема в індивідуальних контейнерах з агроволокна, за технологією, що передбачає підживлення субстрату різноманітними мінеральними, органічними добривами та мікробними препаратами (Даниленко та ін., 2021). Використання цієї технології значною мірою сприяє високій приживлюваності лісових культур. Однією із важливих умов забезпечення життєздатності новостворених лісових культур у посушливих регіонах є також врахування екологічних особливостей лісових видів на всіх стадіях їхнього розвитку (Булат, Башеванжи, 2015), відповідності культур типам лісорослинних умов з акцентом на створення складних мішаних насаджень, які є стійкішими ніж чисті (Вакулюк, 1993; Barrette et al., 2014; Маурер та ін., 2009, 2019).

Комплексний підхід до проблеми всихання щойно створених лісових культур родини *Pinaceae* на піщаних землях південної частини України дав змогу науковцям (Назаренко та ін., 2020) встановити основні фактори, що призводять до загибелі культур. Насамперед, це використання нерайонованого та нестандартного садивного матеріалу; несвоєчасний і недостатньої якості обробіток ґрунту; зневоднення кореневої системи сіянців у період між їхнім викопуванням та садінням; травмування кореневої системи сіянців хвойних порід під час механізованого викопування в розсаднику або ж підгін сіянців під «стандарт» садивної машини шляхом обрубання частини коріння; загинання коренів сіянців під час садіння; невідповідність культур типам лісорослинних умов (при цьому культури, створені в умовах  $A_0$ - $A_1$ , з високою ймовірністю приречені на загибель); ураження сіянців збудниками хвороб і пошкодження комахами; несприятливі погодні умови не лише у рік садіння, але й у попередній рік (відсутність вологи у ґрунті в осінній період не компенсують опади зимового періоду, тому рішення щодо створення лісових культур необхідно ухвалювати тільки у разі наявності достатнього вмісту вологи в ґрунті, а за її дефіциту краще відмовитись від створення культур); опіки кореневої шийки через високі температури поверхні ґрунту, особливо на голих південних схилах піщаних пагорбів і горбів.

Отже, успішне формування життєздатних лісових насаджень в умовах екологічної невідповідності середовища можливе шляхом застосування комплексного підходу, що враховує абіотичні, біотичні та антропогенні чинники на всіх етапах лісовирощування. Одним із таких обов'язкових чинників, який потрібно брати до уваги вже на початковому етапі лісорозведення, зокрема під час проєктування лісових культур, є відповідність асортименту лісових культур типам лісорослинних умов. Цей лісокультурний аспект є особливо

актуальним у контексті реалізації кліматично адаптованого степового лісівництва і потребує додаткового вивчення.

**Об'єкти і методика досліджень (Objects and methods).** Об'єкт дослідження – еколого-лісівничий аналіз відповідності запроєктованих лісових культур типам лісорослинних умов у степовому кліматі на прикладі філії «Петриківське лісове господарство» ДП «Ліси України». Предмет досліджень – склад створюваних лісових насаджень в умовах сухого клімату.

Оцінювання відповідності типів лісових культур лісорослинним умовам проводили керуючись принципами лісознавства, лісової екології, лісівничо-екологічної типології Погребняка – Воробйова щодо єдності екологічних властивостей лісоутворювачів та едафо-кліматичних умов (Погребняк, 1955; Остапенко, 2003), а також враховуючи сучасні підходи ведення лісового господарства на принципах наближеного до природи багатофункціонального, екологічно орієнтованого та кліматично адаптованого лісівництва, яке задовольняє потреби як лісової галузі, так і суспільства (Маурер та ін., 2009, 2019; Криницький, Чернявський, 2015; Юхновський та ін., 2019).

**Результати (Results).** Загальна лісистість України становить 15,9%, а її степової частини – 5,3%, зокрема Дніпропетровської області – 5,9, Донецької – 7,1, Луганської – 11,1, Миколаївської – 4,2, Одеської – 6,5 та Херсонської – 4,8% (Публічний звіт..., 2023). Зважаючи на те, що упродовж останніх двох років на території нашої держави триває повномасштабна війна, розпочата російською федерацією, а інтенсивні бойові дії відбуваються значною мірою у степовій частині України, то цілком ймовірно, що її фактична лісистість є значно нижча ніж зазначена вище. Загалом від початку війни різною мірою пошкоджено близько 30% лісів.

Одним із основних стратегічних завдань лісового господарства України є підвищення лісистості до оптимального рівня – 20%, яке можливе

шляхом розширеного створення лісів (лісорозведення). Водночас, у степовому середовищі йдеться не про масивне, а про захисне лісорозведення, тобто локальне (смугове) заліснення деградованих і малопродуктивних земель. У цих умовах велими перспективним є впровадження агролісівництва (agroforestry) – доволі нового напрямку господарювання, який поєднує у собі одночасне вирощування деревних рослин і сільськогосподарських культур на одній ділянці (Біла, Ткач, Юхновський, 2018; Гладун та ін., 2019; Юхновський та ін. 2019; Mosquera-Losada et al., 2012). Аналіз обсягів лісорозведення в Україні впродовж останніх 20 років (Публічний звіт..., 2023) свідчить про їхню доволі значну амплітудність – від 1,7 тис. га у 2022 р. до 31,1 тис. га у 2009 р. за середнього значення  $11,2 \pm 4,21$  тис. га на рік (рис. 1).

Найвищі темпи лісорозведення відбувалися впродовж 2007-2013 рр., тобто під час реалізації державної політики з підвищення лісистості України, зокрема, виконання завдань Державної цільової програми «Ліси України» на 2010-2015 роки (Державна цільова програма..., 2009). У цей період середня річна площа лісорозведення становила  $22,2 \pm 5,17$  тис. га (24% від загальної площі створених лісів). Упродовж 2014-2022 рр. через низку причин (Распопіна та ін., 2019), площа лісорозведення значно знизилася – до  $2,9 \pm 1,13$  тис. га на рік, проте, незважаючи на збройну агресію РФ, у 2023 р. вона зросла більш ніж утричі та досягла 9,3 тис. га (див. рис. 1).

Створення лісів у степових умовах як під час їхнього відновлення, так і тим більше лісорозведення, було та залишається складною проблемою. На сьогодні фактична приживлюваність лісових культур не досягає нормативної величини (70%). Зокрема, середнє значення показника приживлюваності 1-3-річних лісових культур, створених упродовж 2016-2018 рр. шляхом лісовідновлення становила 66,4, а лісорозведення – тільки 60,9 % (Публічний звіт..., 2018).

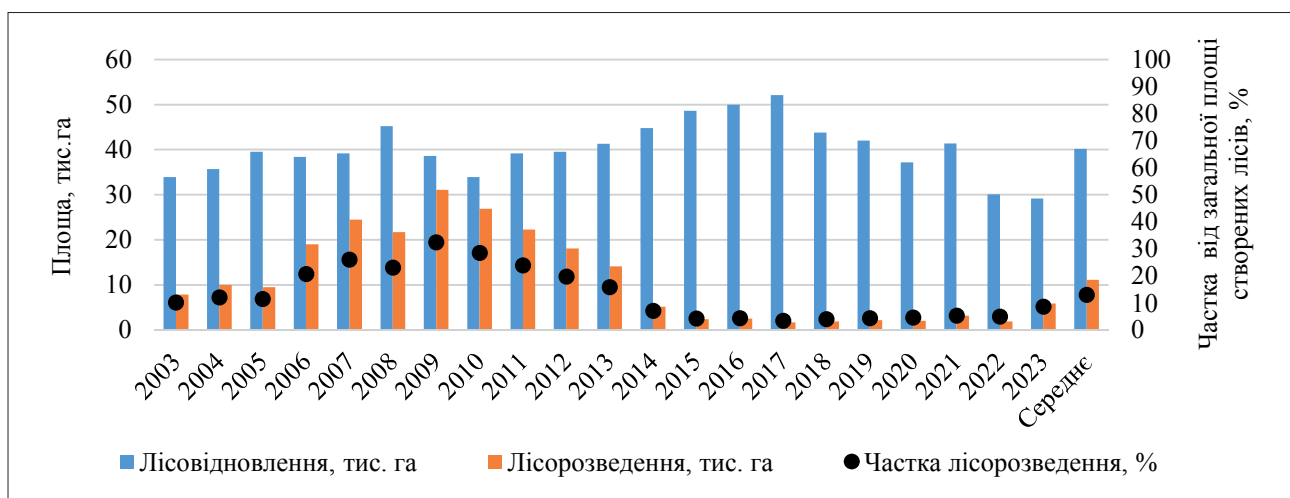


Рис. 1. Площі лісовідновлення та лісорозведення в Україні (2003-2023 рр.)

Fig. 1. Areas of reforestation and afforestation in Ukraine (2003-2023)

Ще складнішою проблемою, ніж приживлюваність, є збережуваність лісових культур (рис. 2). Так, станом на 01.01.2018 р. загинуло 996 га культур попередніх років створення, з яких 610 га (тобто 61,2%) – на прийнятих землях. Основною причиною їхньої загибелі (66,3% від загальної площі загиблих культур) є посуха.

Еколого-лісівничу відповідність складу лісових культур типам лісорослинних умов у степовому кліматі вивчали на прикладі запроєктованих (на 2023 рік) лісових культур на нелісових землях, наданих у постійне користування філії «Петриківське лісове господарство» ДП «Ліси України». Господарство територіально розташоване у південній частині Придніпровської низовини на Дніпро-

петровщині. Згідно із зонуванням території України за рівнем успішності природного поновлення, воно знаходиться у зоні недостатнього природного насінного поновлення головних едификаторів, де набули поширення типи лісу – сухі байрачні берестово-чорнокленові та чорнокленові діброви, а також сухі та свіжі дубово-соснові субори (Маурер та ін., 2019).

Ліси представлені другою і третьою категоріями – рекреаційно-оздоровчі (ліси у межах населених пунктів, 1 і 2 поясів зон санітарної охорони джерел водопостачання, лісопаркова частина лісів зелених зон, рекреаційно-оздоровчі ліси поза межами зелених зон), а також захисні, зокрема протиерозійні ліси.

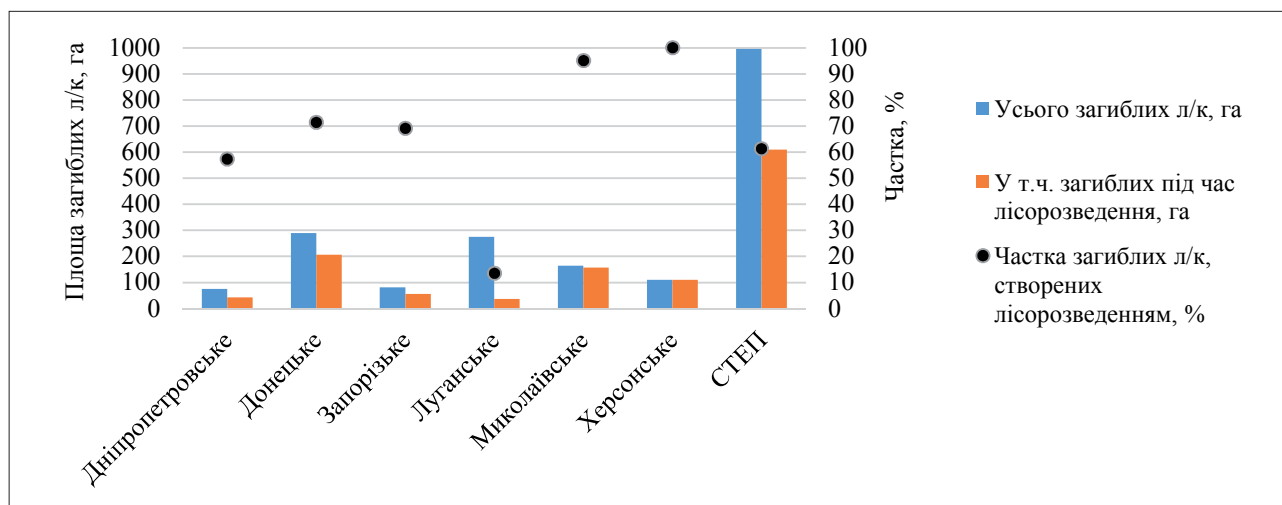


Рис. 2. Площа загиблих лісових культур за степовими регіонами (на 01.01.2018 р.)

Fig. 2. Areas of dead forest crops in the Steppe regions (as of January 1, 2018)

Створення лісів у зазначеному лісгоспі відбувається як шляхом лісовідновлення, так і лісорозведення. У 2023 р. було заплановано створення лісових культур загальною площею 512,45 га, з яких майже 87% (444,05 га) – це нові ліси на галявинах і пустищах. На лісовідновлення зрубів і ділянок, некритих лісовою рослинністю (рідколісся, згарища, загиблі насадження), припадає лише 13% або 68,4 га, тобто у 6,5 рази менше ніж лісорозведення. Ефективність лісорозведення залежить від комплексу факторів, серед яких одним із провідних на початковому етапі цього процесу є якісне оцінювання типів лісорослинних умов, а також відповідність ним запроєктованих деревних видів.

Аналіз типів лісорослинних умов (ТЛУ), де проводитиметься лісорозведення, свідчить, що найбільші площі займають сухі суборові умови (ТЛУ – В<sub>1</sub>) – 159,2 га, далі за зменшенням поширеності йдуть сухі борові (А<sub>1</sub>) – 84 га, свіжі суборові (В<sub>2</sub>) – 72,5 га, свіжі борові (А<sub>2</sub>) – 44,1 та сухі сугрудові (С<sub>1</sub>) умови – 31,6 га (рис. 3). Загальна частка зазначених вище типів становить 89%, інші типи лісорослинних умов трапляються менш часто. Серед трофотопів переважають порівняно бідні (суборові) та бідні (борові) умови (53,1 та 29,3%

площі відповідно). Багатших умов майже удвічі менше (рис. 3).

Найважливішою умовою досягнення задовільних показників приживлюваності та збережуваності деревних рослин у лісових культурах, особливо у степових регіонах, є достатній рівень вологості ґрунту. Аналіз даних свідчить, що серед залісованих земель переважають сухі ділянки (65%). Площа свіжих умов удвічі, а вологих – більш ніж у двадцять разів менша, ніж площа сухих типів лісорослинних умов (див. рис. 3). На переважній площі цих земель підприємством заплановано створити чисті лісові культури сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) (237,4 га) та сосни кримської (*Pinus pallasiana* Lamb.) (123,2 га), питома вага яких становить 54 та 28% відповідно. Щодо інших деревних видів, то частка культур дуба звичайного (*Quercus robur* L.) займатиме 9%, робінії звичайної (*Robinia pseudoacacia* L.) – 5, тополі (*Populus* L.) – 3, клена гостролистого (*Acer platanoides* L.) – 1, липи широколистої (*Tilia platyphyllos* Scop.) – 0,3% (рис. 4). Таким чином, серед запроєктованих культур абсолютно переважають хвойні деревні види – 82%, тоді як питома вага листяних становить лише 18%.

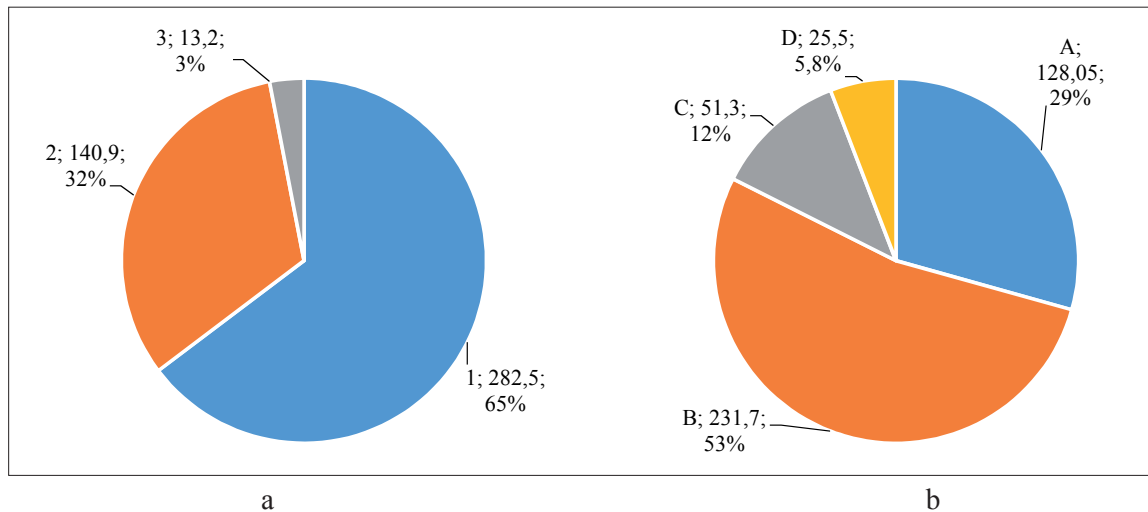


Рис. 3. Диференціація земель, запроєктованих під створення лісових культур, за групами вологості і трофності типів лісорослинних умов (площа, га; частка, %): а) – за вологістю; 1 – А<sub>1</sub>, В<sub>1</sub>, С<sub>1</sub>, D<sub>1</sub>; 2 – А<sub>2</sub>, В<sub>2</sub>, С<sub>2</sub>, D<sub>2</sub>; 3 – С<sub>3</sub>, D<sub>3</sub>; б) – за трофністю

Fig. 3. Differentiation of lands intended for the planting of forest crops according to groups of soil moisture and soil nutrient status of the forest site conditions a) – by moisture (hygrotops): 1 – A<sub>1</sub>, B<sub>1</sub>, C<sub>1</sub>, D<sub>1</sub>; 2 – A<sub>2</sub>, B<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>, D<sub>2</sub>; 3 – C<sub>3</sub>, D<sub>3</sub>; б) – by soil nutrient status (trophotops)

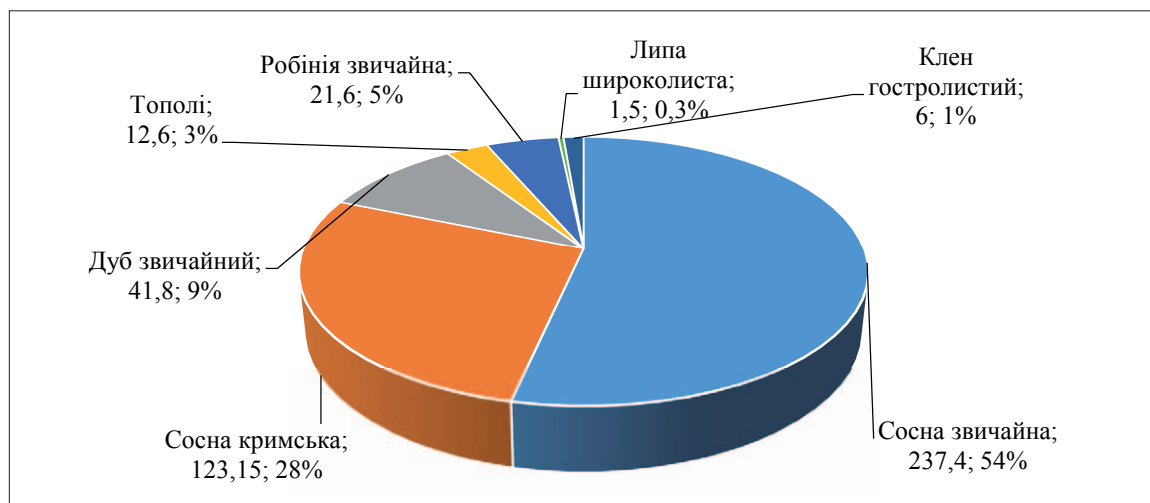


Рис. 4. Розподіл запроєктованих під лісорозведення площі за деревними видами (площа, га; частка площі, %)

Fig. 4. Distribution of areas planned for afforestation by forest tree species

Загальновідомо, що сухі умови на ділянках, відведених під лісорозведення, витримують найбільш посухостійкі деревні види, зокрема сосна звичайна та сосна кримська, дуб звичайний, робінія звичайна, які й заплановано висадити на землях філії «Петриківське ЛГ». Водночас, за даними ДАЛР України фактична середня приживлюваність лісових культур на Дніпропетровщині упродовж останнього п'ятиліття не перевищувала 41%, що в 1,7 рази нижче ніж нормативний показник (70%). При цьому домінуючою причиною загибелі лісових культур (у 97,3% випадків) є посуха.

Зауважимо, що за оцінками кліматологів, останні 20 років для Степу України виявилися найбільш екстремальними за повторюваністю аномальних погодних явищ, кількість яких збільшилася

утричі (від 23 до 70%) (Пічура та ін., 2022). Загалом середньорічний показник температури повітря з 1945 по 2019 рр. збільшився на 3,5°C, сумарна кількість атмосферних опадів упродовж цього періоду варіювала в межах 186-778 мм, а вже останнє 20-ліття характеризується зменшенням їхньої кількості до 300-500 мм, тобто на 40%. За даними В.І. Пічура та ін. (2022), за умов збереження тенденцій потепління, тренд – циклічне підвищення середньорічної температури щорічно становитиме 0,06°C (з ймовірністю 93%) й до 2030 року досягне 12,9±0,2°C. Щодо опадів, то з ймовірністю 80% їхня кількість у середньому щорічно буде зменшуватися на 62,0 мм й до 2030 року становитиме 427±50 мм. За даними Ю.В. Лихолат та ін. (2019), середньорічна кількість опадів у степовому

Придніпров'ї становила 472 мм, у посушливі роки зменшуючись до 250 мм, а кількість днів з опадами на рік варіювала від 125 до 160.

Проведений нами аналіз температурного режиму Дніпропетровщини (за даними метеостанції 330004 (UKDD) за період 2010-2023 рр. (*Weather*) свідчить, що упродовж найінтенсивнішої вегетації (з травня по вересень) екстремально високі температури в середньому реєструють упродовж сорока семи днів, зокрема з температурою від 30 до 35°C – тридцять п'ять, а з температурою 35-40°C – дванадцять. Вочевидь, що для щойно висаджених на лісокультурну площу саджанців такі умови є стресовими. Особливо це стосується тендітних рослин сосни звичайної, які часто за таких температур отримують опіки.

Ще одним потужним кліматичним явищем, що спричиняє загибель новостворених лісових культур сосни звичайної є суховії, які завдають їм як прямої травматичної дії, так і опосередковано впливають на всихання, провокуючи посилення транспірації рослин через наростання посушливості ґрунту.

**Дискусія (Discussion).** До 2035 р. лісистість України має зрости до 18%, що передбачає створення лісів на землях, які раніше не були вкриті лісовою рослинністю, насамперед, на малопродуктивних і деградованих ділянках. У нашій країні є значний резерв таких земель. Зокрема площа земель, що перебувають на етапі консервації, становить 22,7 тис. га, а земель, де потрібна консервація – 865,4 тис. га, з яких деградовані ґрунти займають 368,3 тис. га, малопродуктивні – 463,1, техногенно забруднені – 34,0, техногенно порушені, які підлягають рекультивції – 143,8 тис. га. Реалізація численних державних програм щодо зупинення деградації й опустелювання ґрунтового покриву, збільшення лісистості території, насамперед стосуються південної та південно-східної частин України, тобто земель з найвищим рівнем розораності та, відповідно, антропогенної трансформації. Так, зокрема під час дії згаданої вище Державної цільової програми «Ліси України» лісгоспам під лісорозведення передано близько 210 тис. га деградованих і малопродуктивних земель, з яких 190932 га або 91%, розташовані у Степу.

Існуючі й прогнозовані тренди кліматичних змін, які відбуваються у степових регіонах, а також статистичні дані Державного агентства лісових ресурсів України щодо низької приживлюваності лісових культур, створених під час лісорозведення, є підґрунтям задля опрацювання та впровадження адаптивно-кліматичних заходів у галузі лісового господарства. Одним із таких заходів у контексті кліматично адаптованого лісорозведення є оптимізація асортименту створюваних лісових культур з урахуванням їхнього цільового призначення, екологічних потреб та умов середовища. Склад лісових порід, що застосовується лісгосподарськими підприємствами під час лісовиро-

щування та лісорозведення, здебільшого залишається сталим, незважаючи на значні зміни природних та інших умов. Насамперед це стосується одного з головних лісоутворювачів – сосни звичайної, яка є найтипівішим представником оліготрофних і ксерофітних лісових деревних видів та характеризується широким ареалом розповсюдження й значною пластичністю до природного середовища. Втім у науковій періодиці все частіше з'являються повідомлення щодо її уразливості у південній і південно-східній частинах України до тривалих атмосферної й ґрунтових посух, екстремально високих температур повітря, шкідливих комах і збудників хвороб (Шлапак, 2003; Поляков, Суслова, 2004; Приходько та ін., 2022). Деякі автори рекомендують узагалі утримуватися від створення насаджень сосни на відкритому незахищеному просторі (Терещенко, Лось, 2014) та у ТЛЮ А<sub>0</sub>, А<sub>1</sub> (Назаренко та ін., 2020). Водночас, результати досліджень щодо адаптаційної здатності лісових деревних видів до кліматичних змін доводять перспективність використання у сухому жаркому кліматі *P. nigra*, яку пропонується вводити до складу культур як на легких (піщаних) (Шлапак, 2003), так і важких (суглинкових) ґрунтах (Орловська, Марчук, 2008). Порівнянням стійкості видів родини *Pinaceae* у південному та південно-східному Степу встановлено, що обираючи поміж сосною звичайною та сосною кримською, варто віддавати перевагу *P. pallasiana*, яка хоча й дещо поступається у рості *P. sylvestris*, втім є стійкішою щодо пошкодження шкідниками та ураження хворобами (Поляков, Суслова 2004; Соломаха, Поляков, Суслова, 2009), а *P. sylvestris* доцільніше вводити в культури як супутній вид (Шлапак, 2003).

В умовах південно-східного Степу на дрібних дернових ґрунтах зі складним пересічним рельєфом *P. pallasiana*, завдяки своїй посухостійкості та пластичності до ґрунтових умов, є перспективнішим видом, ніж навіть *Q. robur* (Бородавка, 2015). Ще однією дуже важливою перевагою *P. pallasiana* у сухому кліматі Степу є її краща приживлюваність і збережуваність на другий рік після створення лісових культур, яка досягає 65,6% проти 50,3% у *P. sylvestris* (Булат, Башчеванжи, 2015).

Доволі цікавими є результати дослідження Л.С. Савельєвої (1975) щодо взаємодії кореневих систем деревних рослин і кущів у захисних насадженнях степового клімату. Так, наприклад, корені певних деревних видів вільно проникають у зону ризосфери одне одного, переплітаються, скручуються, тісно стикаються, водночас уникаючи коренів інших деревних видів, заглиблюючись нижче або поширюючись у бік від нього. Зокрема, коренева система дуба звичайного тісно взаємодіє з коренями ясени зеленого, абрикоса, шовковиці, смородини золотавої, втім уникає контакту з коренями клена гостролистого, карагани, в'яза шорсткого. Знання взаємодії кореневих систем деревних порід відкриває широкі можливості у визначенні ступеня потенційної життєздатності рослинного організму,

добору та змішування деревних видів для захисних лісових смуг, створенні довговічних і стійких лісових насаджень.

Вагомим чинником ризику та причиною ослаблення лісових культур на початковому етапі їхнього створення є використання осінніх термінів садіння, а також орієнтація на головний вид, а не на склад і форму корінних деревостанів відповідного типу лісу (Маурер та ін., 2019). Втім у степових умовах орієнтацію на корінні деревостани здебільшого неможливо реалізувати через їхню відсутність. Зауважимо, що якщо йдеться про створення різноцільових захисних лісонасаджень, на яке й спрямоване степове лісорозведення, поділ лісових порід на головні та супутні є доволі умовним, оскільки один і той самий деревний вид у різних умовах може бути як головним, так і супутнім. Окрім того, у степових умовах, де чітко простежується виразна екологічна невідповідність середовища щодо формування життєздатних лісових насаджень, потрібно значну увагу приділяти складу деревних порід, уникаючи монокультур та віддаючи перевагу мішаним насадженням. У степовому кліматі набувають особливого значення такі властивості деревних видів, як посухо- та жаростійкість, солевитривалість, здатність до тимчасового гальмування росту, стійкість до шкідників і збудників хвороб, відновлення кореневими паростками тощо.

**Висновки (Conclusions).** В умовах глобальних кліматичних змін лісогосподарським підприємствам України, особливо розташованим у степових регіонах, потрібно орієнтуватися на кліматично адаптоване ведення лісового господарства, впроваджуючи його підходи вже на етапі проектування лісових культур. Лісогосподарським підприємствам у степовому кліматі потрібно ширше застосовувати посухостійкі листяні деревні види, новостворені культури за участю яких є стійкішими, ніж хвойні, до тривалих періодів екстремально високих температур упродовж вегетаційного періоду. Так, у сухих бідних і порівняно бідних типах лісорослинних умов домішкою до сосни звичайної може бути робінія звичайна (за винятком понижених елементів рельєфу, де робінія вимерзає), а в сухих сугрудових і грудових умовах до дуба звичайного – абрикос звичайний (*Prunus armeniaca* L.), шовковиця біла (*Morus alba* L.), які виявляють посухо- та жаростійкість і деяку солевитривалість. Зауважимо, що Державною регуляторною службою України (повідомлення від 20.09.2023) скасовано Наказ Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України від 03.04.2023 № 184 «Про затвердження переліку інвазійних видів дерев із значною здатністю до неконтрольованого поширення», в якому робінію було віднесено до інвазійних видів (Державна регуляторна служба ..., 2023). Доцільно обмежити використання сосни звичайної, надаючи пріоритет сосні кримській, саджанці та культури якої є стійкішими до тривалої посухи, високих тем-

ператур, шкідливих комах і збудників хвороб, а також можливе введення сосни чорної (*Pinus nigra* J.F. Arnold.). У дуже сухих борових умовах альтернативою деревним видам має стати чагарникова рослинність.

### Список літератури (References)

- Бельгард, А.Л. (1971). *Степное лесоведение*. Москва: Лесная промышленность. [Belgard, A. L. (1971). *Steppe forestry*. Moscow: Forest industry] (in Russian)
- Біла, Ю.М., Ткач, Л.І., Юхновський, В.Ю. (2018). *Формування лісомеліоративного комплексу екологічно збалансованих агроландшафтів Байрачного Степу*. Київ: Видавництво Кондор. [Bila, Yu. M., Tkach, L. I., & Yukhnovsky, V. Yu. (2018). *Formation of a forest reclamation complex of ecologically balanced agrolandscapes of the Bayrachny Steppe*. Kyiv: Condor Publishing House] (in Ukrainian)
- Бородавка, В.О. (2015). *Ліси Донеччини: науково-інформаційний довідник*. Луцьк: Ініціал. [Borodavka, V. O. (2015). *Forests of Donetsk region: scientific and informational guide*. Lutsk: Initial] (in Ukrainian)
- Буллат, А.Г., Басчеванжи, А.О. (2015). Вивчення стану та росту лісових культур сосни в умовах степу на прикладі державного підприємства «Приморське лісове господарство». *Науковий вісник НЛТУ України*, 25(10), 104-108. [Bulat, A., & Baschevanzhi, A. (2015). A study of the status and growth of pine plantations in the steppe conditions on an example of state enterprises "Primorsk Forestry District". *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 25(10), 104-108. <https://doi.org/10.15421/40251015>]
- Вакулюк, П.Г. (1993). *Підвищення продуктивності і якості лісів України лісокультурними методами*. Київ: Урожай. [Vakulyuk, P. G. (1993). *Increasing the productivity and quality of forests of Ukraine by silvicultural methods*. Kyiv: Urozhay] (in Ukrainian)
- Гладун, Г.Б., Юхновський, В.Ю., Суска, А.А., Горошко, В.В., Сидоренко, С.В. (2019). Відтворення лісів та лісова меліорація в Україні: витоки, сучасний стан, виклики сьогодення та перспективи в умовах антропоцену. За заг. ред. проф. Ніколаєнка С.М. *Лісомеліоративна справа в Україні: витоки, сучасний стан, виклики сьогодення та перспективи*, 269-283. Київ: Ліра-К. [Gladun, G. B., Yukhnovsky, V. Yu., Suska, A. A., Horoshko, V. V., & Sydorenko, S. V. (2019). Forest restoration and forest melioration in Ukraine: beginning, current state, challenges of the present and prospects in the conditions of the anthropocene. In S. M. Nikolayenko (Ed.). *Forestry melioration industry in Ukraine: beginning, modern state, present challenges and prospects*, 269-283. Kyiv: Lira-K] (in Ukrainian)
- Горейко, В.А. (2017). Биогеоценотическая устойчивость лесных культурбиогеоценозов в Степи Украины. *Питання степового лісознавства та лісової рекультивації земель*, 46, 130-136. [Goreiko, V. A. (2017). Biogeocenotic stability of forest cultural

- biogeocenoses in the Steppe of Ukraine. *Issues of steppe forestry and forest reclamation of soils*, 46, 130-136. <https://doi.org/10.15421/411721> (in Russian)
- Даниленко, О.М., Ющик, В.С., Румянцев, М.Г., Мостепанюк, А.А. (2021). Особливості росту та стану соснових культур, створених різним садивним матеріалом, у Південно-східному Лісостепу України. *Науковий вісник НЛТУ України*, 31(1), 26-29. [Danylenko, O.M., Yushchuk, V.S., Rumiantsev, M.H., & Mostepaniuk, A.A. (2021). Some features of the growth and condition of pine plantations created by different planting material in the South-eastern Forest-steppe of Ukraine. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 31(1), 26-29. <https://doi.org/10.36930/40310104>] (in Ukrainian)
- Державна регуляторна служба України. Повідомлення від 20 вересня 2023 року № 1. Про необхідність скасування регуляторного акта. [State Regulatory Service of Ukraine. Notification dated September 20, 2023 No. 1. On the need to cancel the regulatory act. Retrieved from [https://uncg.org.ua/wp-content/uploads/2023/10/povidomlennya\\_invazijni\\_dereva\\_ocr\\_z\\_kep.pdf](https://uncg.org.ua/wp-content/uploads/2023/10/povidomlennya_invazijni_dereva_ocr_z_kep.pdf)] (in Ukrainian)
- Державна цільова програма «Ліси України» на 2010-2015 роки (2009). Київ: Кабінет міністрів України. [State Target Program "Forests of Ukraine" for 2010-2015 (2009). Kyiv: Cabinet of Ministers of Ukraine. Retrieved from: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/977-2009-п>] (in Ukrainian)
- Криницький, Г.Т., Чернявський, М.В. (2015). Наближене до природи лісівництво – основа сталого ведення лісового господарства в Карпатському регіоні (досвід України і Словаччини). *Лісівництво і агролісомеліорація*, 126, 52-59. [Krynitsky, G.T., & Chernyavsky, M.V. (2015). Close to nature forestry is the basis of sustainable forest management in the Carpathian Region (Experience of Ukraine and Slovakia). *Forestry and Forest Melioration*, 126, 52-59. Retrieved from <https://forestry-forestmelioration.org.ua/index.php/journal/article/view/178/169>] (in Ukrainian)
- Лихолат, Ю.В., Хромих, Н.О., Дідур, О.О., Оковитий, С.І., Матюха, В.Л., Савосько, В.М., Лихолат, Т.Ю. (2019). Сучасний стан антропогенної трансформації екосистем степового Придніпров'я. Кривий Ріг: ФОП Чернявський Д.О. [Lykholat, Y.V., Khromykh, N.O., Didur, O.O., Okovityu, S.I., Matyukha, V.L., Savosko, V.M., & Lykholat, T.Y. (2019). *The current state of anthropogenic transformation of the steppe Dnieper' ecosystems*. Kryvyi Rih: Publishing house Cherniavskyi D.] (in Ukrainian)
- Маурер, В.М., Гордієнко, М.І., Бровко, Ф.М. Фучило, Я.Д., Пінчук, А.П., Кичиліук, О.В. Іванюк, І.В. (2009). *Теоретичні та технологічні основи відтворення лісів на засадах екологічно орієнтованого лісівництва: науково-методичні рекомендації*. Київ: Видавничий центр НУБіП України. [Maurer, V.M., Gordienko, M.I., Brovko, F.M. Fuchilo, Ya.D., Pinchuk, A.P., Kichilyuk, O.V., & Ivanyuk, I.V. (2009). *Theoretical and technological foundations of forest reproduction based on environmentally oriented forestry: scientific and methodological recommendations*. Kyiv: National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Retrieved from [https://wood.openforest.org.ua/wp-content/uploads/2020/02/nti\\_2.pdf](https://wood.openforest.org.ua/wp-content/uploads/2020/02/nti_2.pdf)] (in Ukrainian)
- Маурер, В.М., Ведмідь, М.М., Гузь, М.М., Распопіна, С.П., Романовський, В.Ф., Чигринець, В.П. ..., Кайдик, О.Ю. (2019). Відтворення лісів та лісова меліорація в Україні: витоки, сучасний стан, виклики сьогодення та перспективи в умовах антропогену. За заг. ред. проф. Ніколаєнка С.М. *Відтворення лісів в Україні: витоки, виклики сьогодення, головні завдання та шляхи їх вирішення в умовах антропогену*, 77-118. Київ: Ліра-К. [Maurer, V.M., Vedmid, M.M., Guz, M.M., Raspopina, S.P., Romanovskiy, V.F., Chyhrynets, V.P. ..., Kaidyk, O.Yu. (2019). Forest restoration and melioration in Ukraine: origins, current state, challenges of the present and prospects in the Anthropocene. In S.M. Nikolayenko (Ed.), *Forest restoration and forest melioration in Ukraine: origins, challenges of the present, main tasks and ways to solve them in the conditions of Anthropocene*, 77-118. Kyiv: Lira-K] (in Ukrainian)
- Назаренко, С.В., Головащенко, М.Ф., Котовська, Ю.С. (2020). Щодо чинників впливу на збереженість лісових культур сосни на згарищах в умовах Олешківських пісків. *Зрошуване землеробство: міжвідомчий тематичний науковий збірник*, 73, 85-92. [Nazarenko, S.V., Golovashchenko, M.F., & Kotovska, Yu.S. (2020). As for the factors influencing the safety of pine forest crops in fires in the Oleshkovsky Sands. *Irrigated agriculture: interdepartmental thematic scientific collection*, 73, 85-92. <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2020.73.16>] (in Ukrainian)
- Орловська, Т.В., Марчук, О.О. (2008) Досвід вирощування сосни чорної австрійської у Байрачному степу України. *Лісівництво і агролісомеліорація*, 112, 281-285. [Orlovska, T.V., & Marchuk, O.O. (2008). Experience of austrian pine growing in the Steppe of Ukraine. *Forestry and Forest Melioration*, 112, 281-285. Retrieved from <http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/16310/44-Orlovska.pdf?sequence=1>] (in Ukrainian)
- Остапенко, Б.Ф. (2003). Типи лісу рівнинної території України. *Науковий вісник НЛТУ України*, 13(3), 27-42. [Ostapenko, B.F. (2003). Forest types of the plain territory of Ukraine. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University of Ukraine*, 13(3), 27-42. Retrieved from [https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2003/13\\_3/27\\_Ostapenko\\_13\\_3.pdf](https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2003/13_3/27_Ostapenko_13_3.pdf)] (in Ukrainian)
- Пічура, В.І., Потравка, Л.О., Рутта, О.В. (2022). Просторово-часовий аналіз і прогноз кліматичних змін у зоні Степу України. *Екологічні науки*, 6(45), 110-118. [Pichura, V., Potraka, L., Rutta, O. (2022). Spatial and temporal analysis and prognosis of climatic changes in the Steppe zone of Ukraine. *Ecological Sciences*, 6(45), 110-118. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.6-45.18>] (in Ukrainian)

- Погребняк, П. С. *Основы лесной типологии* (1955). Киев: Изд-во АН УССР. [Pogrebnyak, P.S. (1955). *Basics of forest typology*. Kyiv: Publishing House of the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR] (in Russian)
- Поляков, А. К., Суслowa, О. П. (2004). *Хвойные на юго-востоке Украины*. Донецк: Норд-Пресс. [Polyakov, O.K., & Suslova, O.P. (2004). *Conifers in the south-east of Ukraine*. Donetsk: Nord-Press] (in Russian)
- Приходько, О. Б., Пастернак, В. П., Пивовар, Т. С., Яроцький, В. Ю., Лялін, О. І. (2022). Особливості динаміки таксаційних показників і стану лісів у Придніпровському Степу в контексті зміни клімату. *Лісівництво і агролісомеліорація*, 141, 23-32. [Prykhodko, O., Pasternak, V., Pyvovar, T., Yarotskyi, V., & Lialin, O. (2022). Features of forest mensuration characteristics and health condition dynamics in Prydniprovsky Steppe of Ukraine: climate change context. *Forestry and Forest Melioration*, 141, 23-32. <https://doi.org/10.33220/1026-3365.141.2022.23>] (in Ukrainian)
- Публічний звіт державного агентства лісових ресурсів України за 2018 рік (2018). Київ: ДАЛР України. [Public report of the head of the State Forestry Agency of Ukraine in 2018 (2018). Kyiv: State Forestry Agency of Ukraine. Retrieved from [http://dklg.kmu.gov.ua/forest/control/uk/publish/article?art\\_id=199049&cat\\_id=32888](http://dklg.kmu.gov.ua/forest/control/uk/publish/article?art_id=199049&cat_id=32888)] (in Ukrainian)
- Публічний звіт державного агентства лісових ресурсів України за 2023 рік (2023). Київ: ДАЛР України. [Public report of the head of the State Forestry Agency of Ukraine in 2023 (2023). Kyiv: State Forestry Agency of Ukraine. Retrieved from <https://forest.gov.ua/agentstvo/komunikaciyi-z-gromadskisty/publicni-zviti-derzhlisagentstva>] (in Ukrainian)
- Распопина, С. П., Ведмідь, М. М., Біла, Ю. М., Горошко, В. В. (2019). Стан та основні проблеми лісорозведення в Україні. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*, 10(4), 64-72. [Raspopina, S.P., Vedmid, M.M., Bila, Y.M., & Horoshko, V.V. (2019). Conditions and main problems of afforestation in Ukraine. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*, 10(4), 64-72. <https://doi.org/10.31548/forest2019.04.064>] (in Ukrainian)
- Савельева, Л. С. (1975). *Устойчивость деревьев и кустарников в защитных лесных насаждениях*. Москва: Лесная промышленность. [Savelyeva, L.S. (1975). *Stability of trees and shrubs in protective forest plantations*. Moscow: Forestry industry] (in Russian)
- Соломаха, Н. Г., Поляков, О. К., Суслowa, О. П. (2009). Випробування видів сосен у Донецькому Ботанічному саду НАН України: результати та перспективи. *Лісівництво і агролісомеліорація*, 116, 200-203. [Solomaha, N.G., Polyakov, O.K., & Suslova, O.P. (2009). Test of pine species in Donetsk Botanical Garden: results and perspectives. *Forestry and Forest Melioration*, 116, 200-203. Retrieved from <http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/16489/31-Solomaha.pdf?sequence=1>] (in Ukrainian)
- Терещенко, Л. І., Лось, С. А. (2014). Розширене відтворення лісових ландшафтів Дніпропетровщини із залученням селекційних підходів. *Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету*, 1(33), 120-123. [Tereshchenko, L.I., & Los, S.A. (2014). Expanded reproduction of forest landscapes of the Dnepropetrovsk region using selection approaches. *Bulletin of the Dnepropetrovsk State Agrarian-Economic Universitet*, 1(33), 120-123. Retrieved from [vddau\\_2014\\_1\\_26\(1\).pdf](http://vddau_2014_1_26(1).pdf)] (in Ukrainian)
- Шлапак, В. П. (2003). Особливості заліснення Нижньодніпровських пісків культурами інтродукованих видів роду *Pinus* L. *Лісівнича академія наук України: наукові праці*, 2, 71-74. [Shlapak, V.P. The features of forest plantings on the sandy soil of the lower Dnieper by introduced species of the genus *Pinus* L. *Forestry Academy of Sciences of Ukraine: Scientific works*, 2, 71-74. Retrieved from [http://base.dnsgb.com.ua/files/journal/Nauk-Praci-LANU/2003\\_2/LAN\\_2\\_All.pdf](http://base.dnsgb.com.ua/files/journal/Nauk-Praci-LANU/2003_2/LAN_2_All.pdf)] (in Ukrainian)
- Юхновський, В. Ю., Гладун, Г. Б., Соваков, О. В., Лобченко, Г. О. (2019). Відтворення лісів та лісова меліорація в Україні: витоки, сучасний стан, виклики сьогодення та перспективи в умовах антропогену. За заг. ред. проф. Ніколаєнка С. М. *Сучасний стан, проблеми і перспективи розвитку агролісівництва в Україні*, 269-283. Київ: Ліра-К. [Yukhnovsky, V.Yu., Gladun, G.B., Sovakov, O.V., & Lobchenko, G.O. (2019). Forest restoration and forest melioration in Ukraine: beginning, current state, challenges of the present and prospects in the conditions of the anthropocene. In S.M. Nikolayenko (Ed.). *Current state, problems and prospects for the development of agroforestry in Ukraine*, 269-283. Kyiv: Lira-K] (in Ukrainian)
- Weather: веб-сайт. URL: <https://en.tutiempo.net/climate/ukraine.html>
- Barrette, M., Leblanc, M., Thiffault, N., Paquette, A., Lavoie, L., Bélanger, L., ... Deshaies, M.-É. (2014). Issues and solutions for intensive plantation silviculture in a context of ecosystem management. *The Forestry Chronicle*, 90(6), 748-762. <https://doi.org/10.5558/tfc2014-147>
- Bhadouria, R., Singh, R., Srivastava, P., & Raghubanshi, A.S. (2016). Understanding the ecology of tree-seedling growth in dry tropical environment: a management perspective. *Energy, Ecology and Environment*, 1, 296-309. <https://doi.org/10.1007/s40974-016-0038-3>
- Depardieu, C., Girardin, M.P., Nadeau, S., Lenz, P., Bousquet, J., & Isabel, N. (2020). Adaptive genetic variation to drought in a widely distributed conifer suggests a potential for increasing forest resilience in a drying climate. *New Phytologist*, 227(2), 427-439. <https://doi.org/10.1111/nph.16551>
- Groot, A., & Cortini, F. (2016). Effects of initial planting density on tree and stand development of planted black spruce up to age 30. *The Forestry*

- Chronicle*, 92(2), 200-210. <https://doi.org/10.5558/tfc2016-039>
- Grossnickle, S.C. (2005). Importance of root growth in overcoming planting stress. *New Forests*, 30(2-3), 273-294. <https://doi.org/10.1007/s11056-004-8303-2>
- Mosquera-Losada, M.R., Moreno, G., Pardini, A., McAdam, J.H., Papanastasis, V., Burgess, P.J., ... Rigueiro-Rodríguez, A. (2012). Past, present, and future of agroforestry systems in Europe in agroforestry – the future of global land use. In Nair, P.K. Ramachandran; Garrity, Dennis (Eds.). *Agroforestry – The Future of Global Land Use*, 286-312. Berlin: Springer. [http://www.agrooof.net/agrooof\\_researches/documents/201210\\_eu\\_agroforesterie.pdf](http://www.agrooof.net/agrooof_researches/documents/201210_eu_agroforesterie.pdf)
- Sikström, U., Hjelm, K., Holt Hanssen, K., Saksa, T., & Wallertz, K. (2020). Influence of mechanical site preparation on regeneration success of planted conifers in clearcuts in Fennoscandia – a review. *Silva Fennica*, 54(2), 1-35. <https://doi.org/10.14214/sf.10172>
- Wiensczyk, A., Swift, K., Morneau, A., Thiffault, N., Szuba, K., ... Bell, F.W. (2011). An overview of the efficacy of vegetation management alternatives for conifer regeneration in boreal forests. *The Forestry Chronicle*, 87(2), 175-200. <https://doi.org/10.5558/tfc2011-007>

### **Ecological and forestry assessment of the compliance of the composition of forest crops designed for afforestation with the types of forest site conditions in the Steppe climate of Ukraine**

S. Raspopina<sup>1</sup>, A. Suska<sup>2</sup>, Yu. Belay<sup>3</sup>, V. Goroshko<sup>4</sup>

The dynamics of afforestation (over the last twenty years) in Ukraine and the indicators of survival and preservation of 1-3-year-old forest crops in the steppe regions (according to the data of the State Agency of Forest Resources of Ukraine) were analyzed. It is shown that particularly low rates of preservation of woody plants are characteristic of forest crops created during afforestation in forestry enterprises of Dnipropetrovsk, Donetsk, Mykolaiv, Kherson and Zaporizhzhya regions. The main cause of low survival rates and preservation of crops is drought. In particular, in Dnipropetrovsk region over the last five years, the actual average survival rate of forest crops did not exceed 41 %, which is 1.7 times lower than the standard indicator (70 %). The dominant cause of forest crops mortality (97.3 % of cases), as in other steppe areas, is drought. The projects for the creation of forest crops at the Branch "Petrikiivske Forestry" of the State Specialized Forest Enterprise "Forests of Ukraine" (Dnipropetrovsk region) for the year 2023 were analyzed from the point of view of the compliance of

the composition of the projected forest crops with the existing types of forest site conditions. A study of the dynamics of the temperature regime in Dnipropetrovsk region for the period 2010-2023 showed that during the most active growing season (from May to September), extremely high temperatures last for an average of 47 days. Moreover, the average number of days with temperature from 30 to 35° C is 35, and with temperatures of 35-40°C is 12 days. Considering the low viability of forest crops created during afforestation, as well as the tendency towards increased drought, ways to optimize the composition of forest crops have been proposed. Forestry enterprises in the conditions of the steppe climate, which are focused on the creation of protective, recreational, sanitary and other forest stands, are recommended to use more widely drought-resistant broad-leaved species, the seedlings of which are more resistant than conifers to long periods of high temperatures. For example, it is recommended to use *Robinia pseudoacacia* more widely in dry relatively fertile forest site conditions (FSC – C<sub>1</sub>) and in relatively infertile conditions (B<sub>1</sub>) (except for lowland relief elements). In dry relatively fertile or fertile forest site conditions (C<sub>1</sub>, D<sub>1</sub>), *Quercus robur* should be supplemented with *Prunus armeniaca* and *Morus alba*, which exhibit high drought and heat resistance. It is advisable to limit the use of *Pinus sylvestris*, giving preference to *Pinus pallasiana*, whose sprouts, seedlings, and elder trees are more resistant to drought, insect pests and pathogens. In very dry infertile forest site conditions (B<sub>0</sub>), an alternative to forest plantations should be shrubby vegetation.

**Key words:** steppe forests; ecological incompatibility; survival; *Pinus sylvestris* L.; *Pinus pallasiana* Lamb.; resistance to drought.

<sup>1</sup> Svitlana Raspopina – Full Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Doctor Habil. (Agricultural Sciences), the G. M. Vysotsky Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration, 86 Hryhoriy Skovoroda st., Kharkiv, 61024, Ukraine. Associate Professor at the Department of Forest Plantations, Land Reclamation, Landscape Architecture and Park Management; State Biotechnological University, 44 Alchevskiyh st., Kharkiv, 61002, Ukraine. E-mail: s\_raspopina@ukr.net ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1880-9364>

<sup>2</sup> Anastasiia Suska – Doctor of Economic Sciences, professor, Dean of the Faculty of Forestry, Woodworking Technologies and Land Management, State Biotechnological University, the village of Dokuchaevske – 2, Kharkiv region, 62483, Ukraine. E-mail: n.suscka@gmail.com ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7465-1776>

<sup>3</sup> Yulia Belay – PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor at the Department of Forest Plantations, Land Reclamation, Landscape Architecture and Park Management. State University of Biotechnology, the village of Dokuchaevske – 2, Kharkiv region, 62483, Ukraine. E-mail: belay\_1980@ukr.net ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1446-8168>

<sup>4</sup> Vitalii Goroshko – PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor at the Department of Forestry and Hunting. State University of Biotechnology, the village of Dokuchaevske – 2, Kharkiv region, 62483, Ukraine. E-mail: lesovodhnau@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8186-6214>



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

<http://fasu.nltu.edu.ua>  
<https://doi.org/10.15421/412424>  
Article received 2024.06.13  
Article accepted 2024.10.18

ISSN 1991-606X print  
ISSN 2616-5015 online

@ ✉ Correspondence author

Ihor Soloviy

[soloviy@yahoo.co.uk](mailto:soloviy@yahoo.co.uk)

103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine

УДК 504.75.05

## Формування бізнес-моделі, орієнтованої на планування сталості підприємств лісового сектора

І. П. Соловій<sup>1</sup>, О. А. Кійко<sup>2</sup>, В. В. Лавний<sup>3</sup>, І. І. Буханевич<sup>4</sup>, О. Р. Пелюх<sup>5</sup>,  
М. М. Ільків<sup>6</sup>, Т. О. Челепіс<sup>7</sup>, Д. Б. Савка<sup>8</sup>, А. О. Луценко<sup>9</sup>

*Метою дослідження є аналіз і розроблення прототипів бізнес-моделі, орієнтованої на сталість, для підприємств лісового сектора України на прикладі конкретного деревообробного підприємства. Кількість публікацій на тему моделей сталого бізнесу у міжнародних виданнях зростає, що засвідчує зростання вагомості цього напрямку досліджень. Проаналізовано концептуальні підходи по основних країнах, журналах, провідних авторах, основних дисциплінарних напрямках, за яким виходять у світ статті з проблем моделей сталого бізнесу. Аналіз визначень терміну «стала бізнес-модель» у науковій літературі свідчить, що, незважаючи на відмінності у трактуваннях, акцент у них ставиться на створенні цінності для ширшого кола зацікавлених сторін шляхом інтеграції соціальної, екологічної та бізнес-діяльності.*

*Досліджуване підприємство «Мілвуд» розташоване у регіону Українських Карпат і репрезентує деревообробні підприємства, які використовують місцеву сировину для виробництва. Інтерв'ювання представників підприємства дало можливість виявити бачення ключових ресурсів і видів діяльності, ключових партнерів, ціннісної пропозиції, сегментів клієнтів та відносин з ними. Запропонована бізнес-модель підприємства «Мілвуд» інтегрує три виміри бачення сталості розвитку підприємства.*

<sup>1</sup> Соловій Ігор Павлович – академік Лісівничої академії наук України, віце-президент ЛАН України, доктор економічних наук, професор кафедри екологічної економіки та бізнесу. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: 032-287-03-88. E-mail: [soloviy@yahoo.co.uk](mailto:soloviy@yahoo.co.uk) ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5885-6264>

<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. E-mail: [orest.kiyko@nltu.edu.ua](mailto:orest.kiyko@nltu.edu.ua) ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5504-0278>

<sup>3</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.: 032-237-89-05. E-mail: [lavnyy@gmail.com](mailto:lavnyy@gmail.com) ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2069-9026>

<sup>4</sup> Буханевич Ігор Станіславович – директор ТОВ Мілвуд, вул. Заводська, 4, смт Вигода Долинського р-ну Івано-Франківської обл., 77552, Україна. Тел.: +38-034-776-11-35. E-mail: [i.bukhanevych@millwood.com.ua](mailto:i.bukhanevych@millwood.com.ua)

<sup>5</sup> Пелюх Оксана Романівна – кандидат економічних наук, асистент кафедри екологічної економіки та бізнесу. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. E-mail: [pelyukh.o@nltu.edu.ua](mailto:pelyukh.o@nltu.edu.ua) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1889-3623>

<sup>6</sup> Ільків Михайло Миколайович – асистент кафедри технологій меблів та виробів з деревини. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. E-mail: [mykhailo.ilkiv@nltu.edu.ua](mailto:mykhailo.ilkiv@nltu.edu.ua) ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-1630-9974>

<sup>7</sup> Челепіс Тарас Олегович – аспірант кафедри екологічної економіки та бізнесу. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. E-mail: [taras.chelepiss@nltu.edu.ua](mailto:taras.chelepiss@nltu.edu.ua) ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3845-4211>

<sup>8</sup> Савка Дмитро Богданович – аспірант кафедри технологій захисту навколишнього середовища і деревини та безпеки життєдіяльності. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. E-mail: [savka.d@nltu.lviv.ua](mailto:savka.d@nltu.lviv.ua) ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-8060-5470>

<sup>9</sup> Луценко Андрій Олегович – аспірант кафедри технологій меблів та виробів з деревини. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. E-mail: [lutsenko.a@nltu.edu.ua](mailto:lutsenko.a@nltu.edu.ua) ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-9628-1279>

Для зміни економічної моделі з лінійної на циркулярну необхідно розробити стратегію переходу на циркулярні принципи економіки, оскільки елементи такої стратегії відображені лише в окремих нормативних документах і публікаціях, однак не стали платформою прийняття бізнес-рішень на засадах сталого розвитку.

**Ключові слова:** бізнес-процеси; стале виробництво; відповідальне споживання; циркулярна економіка; ціннісна пропозиція.

**Вступ.** Світ постав перед безпрецедентними глобальними ризиками, що продовжують наростати. Ми зіткнулися з винятковим їхнім поєднанням у вигляді геополітичної безпекової загрози, надзвичайної кліматичної ситуації, кризового стану природи, зростаючої нерівності та соціальних заворушень (World Economic Forum, 2024). Наближаються ключові переломні моменти, оскільки наступне десятиліття стане останнім вікном можливостей для зміни курсу розвитку. На думку Світової ради бізнесу зі сталого розвитку (WBSD – *World Business Council on Sustainable Development* – WBCSD), бізнес може відігравати ключову роль у системних перетвореннях. Спільно з науковцями, політиками, фінансистами та інвесторами, інноваторами і споживачами, бізнес має розробляти і впроваджувати відповідні зміни. Щоб вийти за рамки звичного бізнесу – т. зв. «*business as usual*» і перейти до необхідних прискорених трансформацій, бізнес-лідери повинні прийняти три зміни в мисленні: 1) переосмислити капіталізм як суспільну систему, який винагороджує створення справжньої цінності; 2) зосередитися на розбудові довгострокової стійкості; 3) застосувати регенеративний підхід, який виходить за рамки принципу «*не завдавай шкоди*» (WBCSD, 2024). Усі ці трансформації є елементами переходу від звичної, традиційної моделі бізнесу до моделі, орієнтованої на досягнення сталості відповідно до міжнародних ініціатив, зокрема Цілі сталого розвитку (Про цілі сталого розвитку України на період до 2030 р., 2019).

Традиційна схема бізнес-моделі (Osterwalder, & Pigneur, 2010) є інструментом, що фокусується на створенні та пропозиції цінності, виробництві *продукту/послуги*, їх постачанні та закріпленні досягнутого результату. Вона включає всі основні компоненти для опису бізнес-моделі, стимулюючи бізнес замислитися про інших учасників, з якими йому потрібно взаємодіяти, і відображає внутрішні ресурси, що використовуються. Цей підхід зосереджується на визначенні бізнес-моделі окремої організації в рамках логіки лінійної економіки, проте не враховує питання сталого розвитку.

Тришарове полотно (канва) бізнес-моделі є інструментом для інтеграції економічних, екологічних і соціальних аспектів у цілісне бачення бізнес-моделі організації, орієнтованої на сталість (Joyce, & Paquin, 2016). Вона базується на оригінальній економічній структурі бізнес-моделі, додаючи ще дві структури (екологічну – життєвий цикл і соціальну – зацікавлені сторони), які зосереджуються

на відображенні екологічних і соціальних аспектів бізнесу.

Концепція тришарового полотна бізнес-моделі походить від традиційної канви бізнес-моделі з акцентом на фінансових аспектах та доповненням додатковими шарами (соціальним та екологічним), що уможливорює створення сталих бізнес-моделей підприємств. Класичний економічний шар зосереджений на фінансових результатах, оскільки основною метою приватних компаній є отримання прибутку (Joyce, & Paquin, 2016). Соціальний шар безпосередньо впливає на співробітників, клієнтів, ланцюги постачання та інші *зацікавлені/дотичні* сторони, охоплюючи дев'ять елементів моделі: соціальну цінність, управління, співробітників, соціальну культуру, масштаб взаємодії, кінцевих користувачів, соціальні впливи та соціальні переваги (Joyce, & Paquin, 2016). Екологічний шар зосереджений на таких чинниках як природні ресурси, забруднення повітря, води та інших аспектах довкілля. Для сфери підприємництва все важливішим завданням стає аналізування впливів господарської діяльності на довкілля (Philip, Emir, & Alola, 2021). Адже практично будь-яка діяльність створює екологічний слід (Пелюх та ін., 2023), зокрема і діяльність підприємств лісового сектора економіки (Soloviy et al., 2024).

Лісовий сектор є одним із ключових в економіці України і має великий потенціал для досягнення поставлених цілей сталого розвитку. У контексті сучасних викликів, глобальних тенденцій та актуалізації питань післявоєнного відновлення формування бізнес-моделі, орієнтованої на сталість, стає вкрай важливим завданням для підприємств лісового та суміжних секторів.

*Метою дослідження* є аналіз та розроблення прототипів бізнес-моделі, орієнтованої на сталість, для підприємств лісового сектора України на прикладі підприємства «Міллвуд» задля сталого використання природних ресурсів та покращення добробуту місцевих громад.

**Об'єкти та методика дослідження.** *Об'єкт дослідження* – діяльність підприємств лісового сектора України у контексті формування бізнес-моделі, орієнтованої на сталість розвитку.

Підходи до формування бізнес-моделі апробовано на підприємстві «Міллвуд», розташованому в Калуському районі Івано-Франківській області у смт. Вигода. За організаційно-правовою формою це – товариство з обмеженою відповідальністю з розміром статутного капіталу 20 млн грн. Серед

видів діяльності підприємства, відповідно до класифікації видів економічної діяльності, зареєстровані: 16.10 Лісопилльне та стругальне виробництво (основний); 02.20 Лісозаготівлі; 46.13 Діяльність посередників у торгівлі деревиною, будівельними матеріалами та санітарно-технічними виробами; 46.73 Оптова торгівля деревиною, будівельними матеріалами та санітарно-технічним обладнанням; 49.41 Вантажний автомобільний транспорт; 16.23 Виробництво інших дерев'яних будівельних конструкцій і столярних виробів.

*Предметом дослідження* є теоретико-прикладні аспекти розроблення та імплементації бізнес-моделей, орієнтованих на сталість, що використовуються підприємствами лісового сектору України.

Дослідження базується на міждисциплінарному підході, що включає: 1) бібліометричний аналіз публікацій за ключовими словами у базах даних, а також розподіл цих публікацій за роками, країнами, науковими журналами, авторами, провідними університетами та дисциплінарними напрямками; 2) глибинні експертні інтерв'ю з працівниками досліджуваного підприємства щодо соціо-еколого-економічних аспектів виробничо-господарської діяльності та бачення майбутнього розвитку у контексті досягнення цілей сталого розвитку; 3) кейс-

стаді; 4) моделювання для розроблення прототипів тришарової бізнес моделі, орієнтованої на сталість підприємства лісового господарства.

Бібліометричний аналіз виконано на основі бази даних *Scopus*. Прототипи тришарової бізнес моделі виконано у середовищі *SimaPro* та *Miro*. Дані проаналізовано з використанням табличного процесора *Excel*. Методологія включає якісні та кількісні методи для забезпечення всебічного аналізу.

**Результати дослідження.** Аналіз визначень інтеграції соціальної, екологічної та бізнес-діяльності терміну «*стала бізнес-модель*» у науковій літературі (табл.) засвідчує, що, незважаючи на відмінності у трактуваннях, акцент у них ставиться не лише в задоволенні потреб у сталих продуктах і послугах, але й у створенні цінності для ширшого кола зацікавлених сторін шляхом інтеграції соціальної, екологічної та економічної форми діяльності.

Аналіз публікаційної активності за базою даних *Scopus* показав загальну тенденцію до підвищення інтенсивності досліджень бізнес-моделей діяльності, спрямованої на досягнення сталого розвитку, особливо з 2015 року (рис. 1). За період від 1999 р. у базі даних *Scopus* станом на 15.10.2024 р. опубліковано 3229 документів з одночасним застосування ключових слів «*sustainable business*» і «*model*».

**Таблиця. Визначення терміну «стала бізнес-модель» у науковій літературі**  
**Table. Definition of the term “sustainable business model” in the scientific literature**

| Джерело (автор, рік)          | Визначення                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                             | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Stubbs, & Cocklin (2008)      | Стала бізнес-модель – це «модель, в якій концепції сталого розвитку формують рушійну силу фірми та процес прийняття нею рішень [таким чином], що домінуюча неокласична модель фірми трансформується, а не доповнюється соціальними та екологічними пріоритетами» (с. 103)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Birkin et al. (2009)          | Сталі бізнес-моделі – це «нові бізнес-моделі сталого розвитку, [які] функціонують та оцінюють свою діяльність у межах чотирьох класів інформації, визначених у «чотирилистому» рахунку сталого розвитку (а саме: баланс маси, вплив на життєвий цикл, зацікавлені сторони та екологічна стійкість), [і] ці операції [...] інтегровані всеосяжним новим розумінням, яке [...] може мати більше спільного з соціальними та ціннісними питаннями, аніж з технічними та управлінськими питаннями. Таким чином, деякі компанії конкретно повідомили, що їхні рішення ґрунтуються на питаннях, ширших за традиційну економіку, бухгалтерський облік чи теорію ринку» (2009b, с. 288) |
| Garetti, & Taisch (2011)      | Сталі бізнес-моделі «мають глобальну ринкову перспективу, беручи до уваги розвиток нових промислово розвинених країн, а також потребу в більш сталих продуктах і послугах» (с. 88)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Schaltegger et al. (2012)     | Сталі бізнес-моделі «створюють споживчу і соціальну цінність шляхом інтеграції соціальної, екологічної та бізнес-діяльності» (с. 112)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Bocken et al. (2013)          | «Сталі бізнес-моделі прагнуть вийти за рамки створення економічної цінності та включають розгляд інших форм цінності для ширшого кола зацікавлених сторін» (с. 484)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Boons, & Lüdeke-Freund (2013) | Стала бізнес-модель відрізняється від звичайної чотирма пропозиціями: «1. Ціннісна пропозиція забезпечує вимірювану екологічну та / або соціальну цінність у поєднанні з економічною цінністю [...] 2. Ланцюг постачання включає постачальників, які беруть на себе відповідальність перед власними зацікавленими сторонами, а також перед зацікавленими сторонами головної компанії [...] 3. Клієнтський інтерфейс мотивує                                                                                                                                                                                                                                                    |

| 1                                              | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Boons, & Lüdeke-Freund (2013)<br>(продовження) | клієнтів брати на себе відповідальність за своє споживання, а також за зацікавлені сторони компанії-центру [...]. [...] 4. Фінансова модель відображає належний розподіл економічних витрат і вигод між учасниками бізнес-моделі та враховує екологічний і соціальний вплив компанії» (с. 13)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Wells (2013)                                   | Бізнес-модель сталого розвитку «сприятиме досягненню сталого розвитку шляхом дотримання основних принципів [...] сталого розвитку», які Веллс визначає як 1) ефективність використання ресурсів, 2) соціальна значущість, 3) локалізація та залучення, 4) довговічність, 5) етичні джерела сировини і 6) збагачення праці (с. 65)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Bocken et al. (2013)                           | «Стала бізнес-модель узгоджує інтереси всіх груп зацікавлених сторін і чітко розглядає навколишнє середовище та суспільство як ключові зацікавлені сторони» (с. 44)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Evans et al. (2009)                            | Стала бізнес-модель – це «цілісна логіка цінностей, яка охоплює економічні, екологічні та соціальні цілі, узгоджуючи при цьому інтереси всіх груп зацікавлених сторін» (с. 9)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Abdelkafi, & Tauscher (2016)                   | Сталі бізнес-моделі «включають сталість як невід’ємну частину ціннісної пропозиції компанії та логіки створення цінності. Таким чином, BMfS [Бізнес-моделі для сталості] створюють цінність для клієнта, а також для навколишнього середовища та/або суспільства» (с. 75)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Dentchev et al. (2016)                         | «Сталі бізнес-моделі орієнтовані передусім на вирішення соціальних та екологічних проблем. У цьому сенсі отримання прибутку не є для них основним завданням» (с. 1)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Upward, & Jones (2015)                         | (Високо) стала бізнес-модель «є визначенням, за допомогою якого підприємство визначає відповідні вхідні ресурси, потоки ресурсів, рішення щодо вартості та свою роль в екосистемах, [таким чином, що] показники сталого розвитку, які є індикаторами, що оцінюють результати і наслідки рішень бізнес-моделі [...] можна стверджувати, що вона є успішно сталою» (с. 98)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Evans et al. (2017)                            | Сталі бізнес-моделі описуються п’ятьма положеннями: «1. Стала цінність включає в себе економічні, соціальні та екологічні вигоди, концептуалізовані як форми цінності. 2. Сталі бізнес-моделі вимагають системи сталих потоків цінності між багатьма зацікавленими сторонами, включаючи природне середовище та суспільство як основні зацікавлені сторони. 3. Сталі бізнес-моделі вимагають створення ціннісної мережі з новою метою, дизайном та управлінням. 4. Сталі бізнес-моделі вимагають системного врахування інтересів та відповідальності зацікавлених сторін для взаємного створення цінності. 5. Інтерналізація зовнішніх ефектів через системи «продукт-послуга» уможливорює інновації в напрямі сталих бізнес-моделей» (с. 5 і далі) |
| Geissdoerfer et al. (2018)                     | «Ми визначаємо сталу бізнес-модель як спрощене представлення елементів, взаємозв’язку між цими елементами та взаємодії зі стейкхолдерами, які організаційна одиниця використовує для створення, доставки, фіксації та обміну сталими цінностями для широкого кола стейкхолдерів та у співпраці з ними» (с. 1219)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

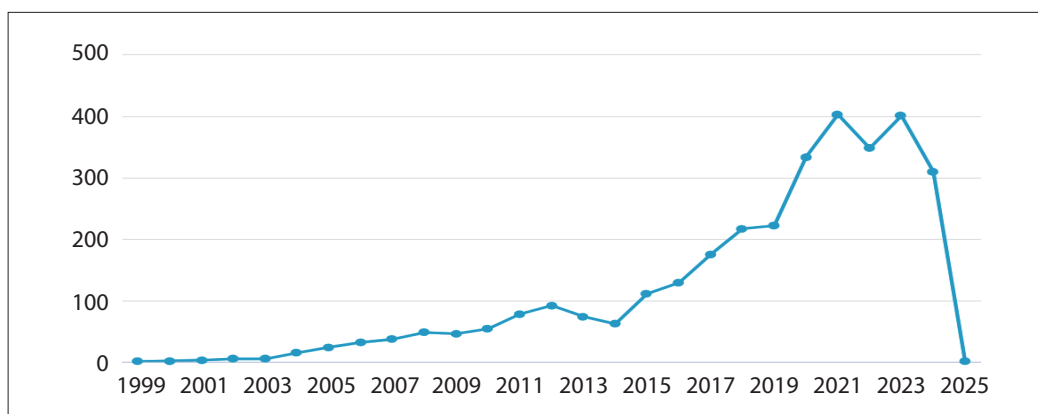


Рис. 1. Кількість публікацій на тему моделей сталого бізнесу, 1999-2024

Fig. 1. Number of publications on sustainable business models, 1999-2024

Великобританія є країною, в якій опубліковано найбільшу кількість статей на тему моделей сталого бізнесу (рис. 2). Наступні позиції займають США, Німеччина, Італія. Слідом за ними у переліку КНР із 250 публікаціями.

До провідного наукового журналу за кількістю публікацій на тему моделей сталого бізнесу можна віднести *Sustainability Switzerland*. Наступну позицію займає авторитетний науковий журнал з питань сталого розвитку *Cleaner Production*, який лідирував у 2016-2019 рр.; слідом за ними у переліку журнал *Business Strategy and Environment* (рис. 3).

На рис. 4 подано дані щодо авторів найбільшої кількості публікацій на тему моделей сталого біз-

несу. У найбільш цитованій (згідно з базою даних *Scopus*) у світі статті N. M. P. Bocken зі співавторами зазначають, що сталі бізнес-моделі включають потрібний підхід і враховують широкий спектр інтересів зацікавлених сторін, включаючи довкілля та суспільство (Bocken et al., 2014). Вони відіграють важливу роль у стимулюванні і впровадженні корпоративних інновацій для сталого розвитку, можуть допомогти впровадити сталість у бізнес-цілі та процеси, слугувати ключовим рушієм конкурентної переваги.

До провідних університетів за кількістю публікацій на тему моделей сталого бізнесу належать університет Кембриджу (Великобританія) та американський університет Дельфі (рис. 5).

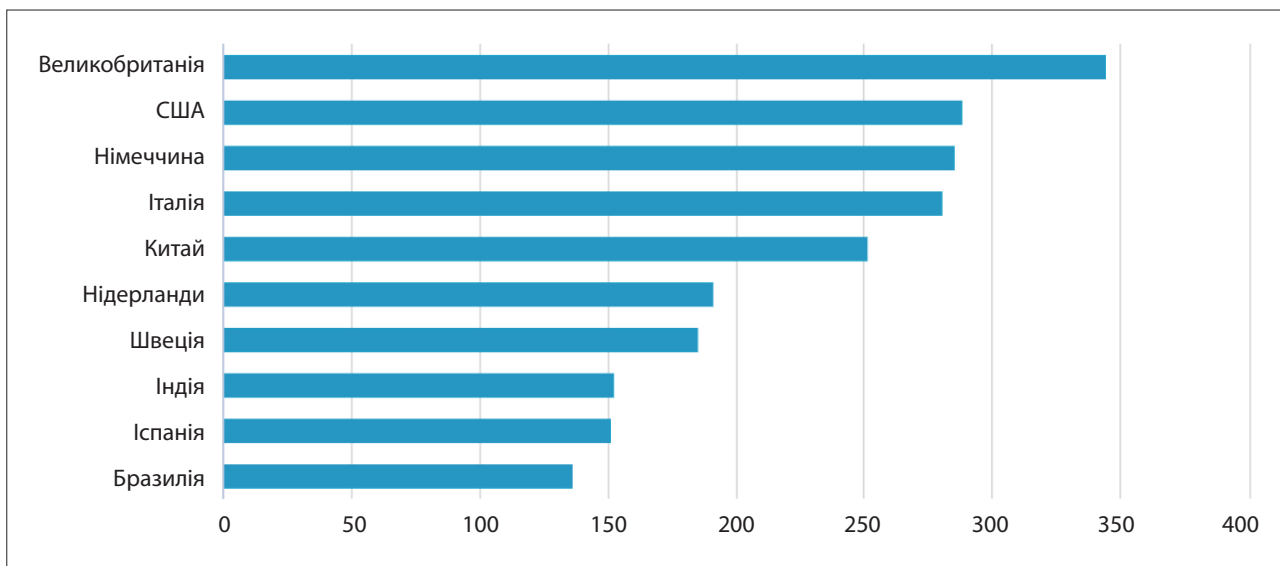


Рис. 2. Провідні країни за кількістю публікацій на тему моделей сталого бізнесу

Fig. 2. Leading countries by the number of publications on sustainable business models

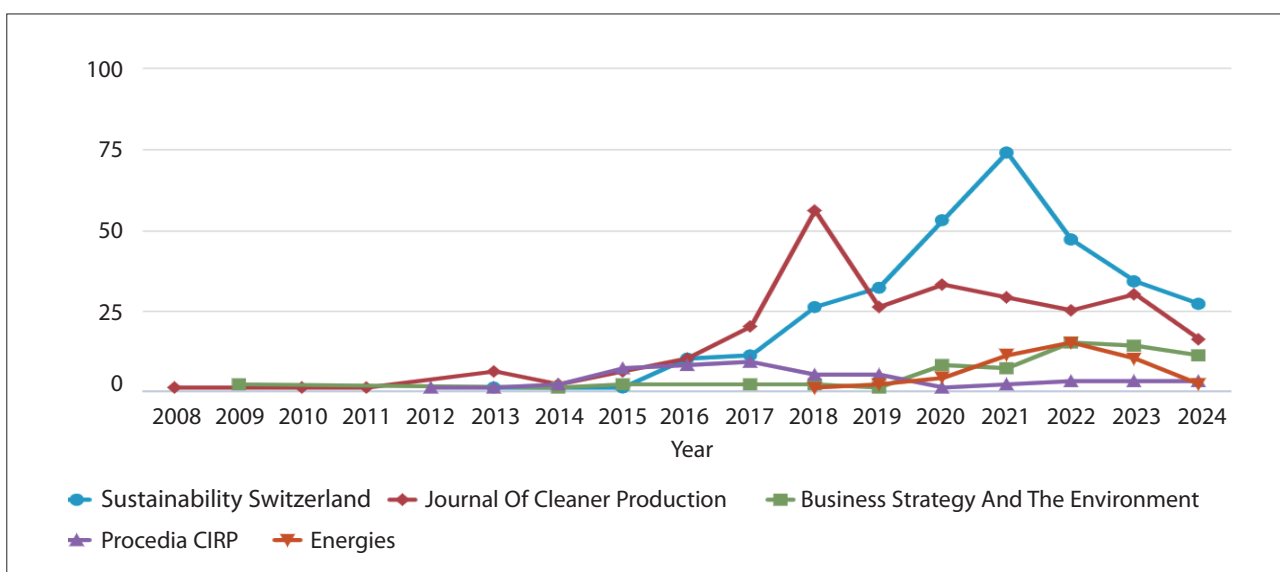


Рис. 3. Провідні наукові журнали за кількістю публікацій на тему моделей сталого бізнесу

Fig. 3. Leading scientific journals by the number of publications on sustainable business models

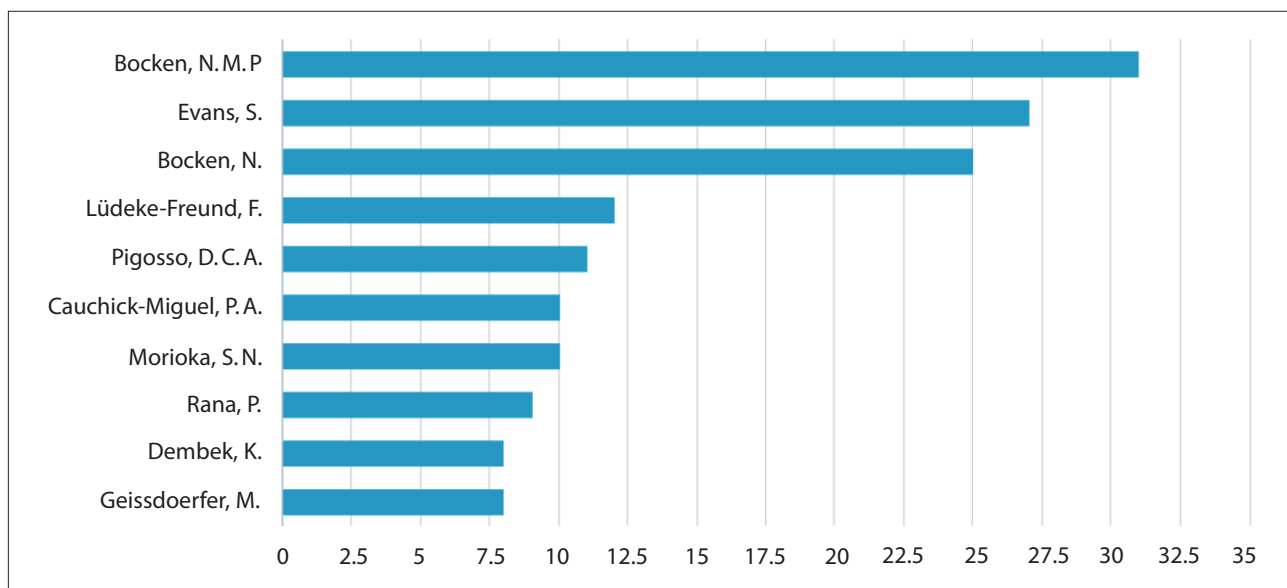


Рис. 4. Провідні автори за кількістю публікацій на тему моделей сталого бізнесу

Fig. 4. Leading authors by the number of publications on sustainable business models

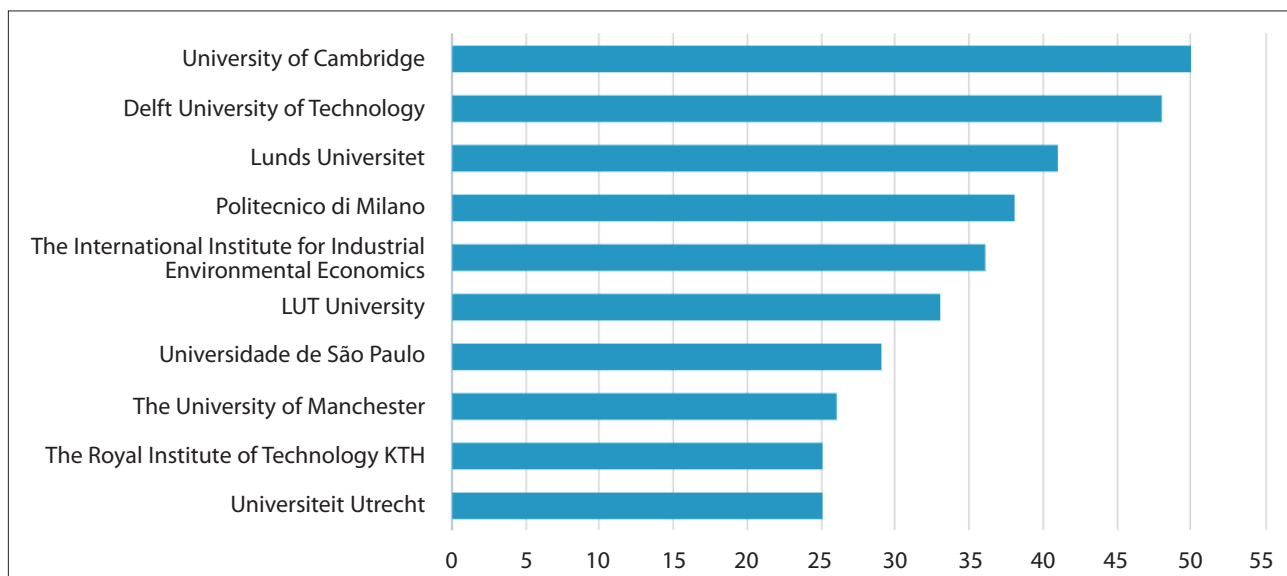


Рис. 5. Провідні університети за кількістю публікацій на тему моделей сталого бізнесу

Fig. 5. Leading universities by the number of publications on sustainable business models

Зазначимо, що третє місце у рейтингу належить університету Лунду (Швеція), а п'яте – Міжнародному Інституту Індустріальної Економіки Довкілля, який власне належить до університету Лунду, публікації якого виділені окремо. Якщо взяти до уваги цей факт, то тоді університет Лунду можна вважати провідним у світі за кількістю публікацій на тему моделей сталого бізнесу.

Аналіз основних дисциплінарних напрямів за кількістю публікацій на тему моделей сталого бізнесу засвідчує близьке за часткою домінування публікацій за трьома дисциплінарними напрямками: інженерія, науки про довкілля, бізнес та менеджмент. Наступними за ними йдуть енергетика та комп'ютерні науки (рис. 6). Тобто йдеться

про міждисциплінарну наукову проблему, а не про вузькодисциплінарну проблему бізнес-рішень.

На підставі аналізу діяльності підприємства та інтерв'ювання управлінського персоналу з усіх аспектів сталості бізнесу на основі канви бізнес-моделі визначено, що поточна бізнес-модель підприємства, яка водночас є першою складовою тришарової, характеризується основними компонентами, зображеними на рис. 7.

Інтерв'ювання представників підприємства дало можливість виявити бачення ключових ресурсів та видів діяльності, ключових партнерів, ціннісної пропозиції, сегментів клієнтів та відносин з ними.

Ключові види діяльності – виробництво матеріалів для будівництва дерев'яних, зокрема багато-

поверхових (4-5 поверхів) будівель, а також будівництво таких споруд. Підприємство, на думку респондентів, виробляє не пиломатеріали як такі, а вуглецево-нейтральну конструкційну деревину, яку використовують у будівництві, в основі дерев'яних каркасів, будинків. Йдеться не про будинок як «стіну з дерева», а несучий каркас за аналогією до

залізобетонних колон і балок. Каркас деревини формується у багат шаровій формі за технікою клеєного ламінованого бруса (*glued laminated timber, glulam*). Ця техніка впроваджується для формування виробів із деревини різних перерізів. Відповідно основний каркас, якщо він багатопверховий, формуватиметься з матеріалу великих перерізів.

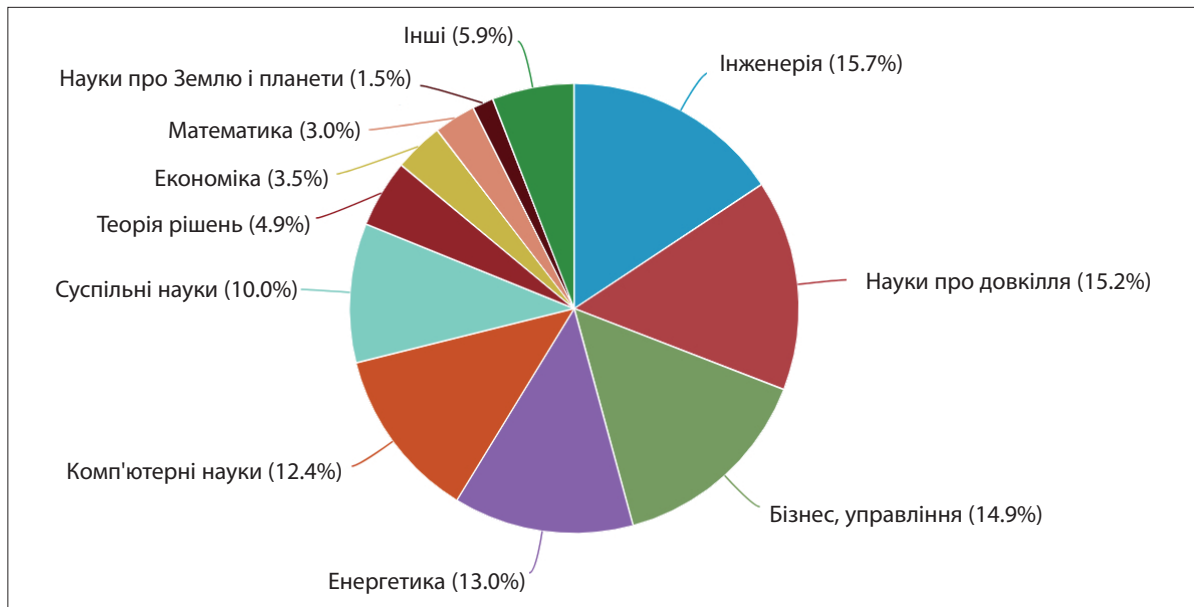


Рис. 6. Основні дисциплінарні напрями за кількістю публікацій на тему моделей сталого бізнесу  
Fig. 6. Main disciplinary areas by the number of publications on sustainable business models



Рис. 7. Поточна тришарова бізнес-модель підприємства Мілвуд  
Figure 7. The current three-layer business model of the Millwood enterprise

Ключові партнери – *девелопери, будівельні компанії*, які трансформують свою діяльність від використання класичних матеріалів до моделі використання вуглецево-нейтральних складників і ком-

понентів (зменшення використання бетону, металу на користь конструкційної деревини). Конструкційна деревина за своїм характером є максимально покращеним пиломатеріалом за своїми фізико-

технічними характеристиками. З такого матеріалу можливо формувати дерев'яний каркас будівлі з дотриманням вимог статички, пожежних норм, належної шумоізоляції. Метою є поширення тренду будівництва із деревини, зокрема багатопверхового житла. Українські та іноземні науково-дослідні інституції також належать до списку партнерів. Діяльність компанії не пов'язана зі значним забрудненням довкілля. Галузева співпраця у рамках деревообробного кластера не є основним інтересом для підприємства. Насамперед, таким є кластер виробників деревини для будівництва. Йдеться про масштаб будівництва на рівні високопробльотних спортивних комплексів. У цій сфері цільовими партнерами є *архітектори, конструктори*, які мали би розвиватися у сфері великомасштабного використання конструкційної деревини на рівні можливості покриття балками конструкцій розміру аквапарку, хокейного, легкоатлетичного чи футбольного полів. Сюди можна віднести і виробничі цехи з деревини, де замість залізобетону і металу використовують конструкційну балку. Тому деревообробний кластер не є основним для бачення співпраці, окрім тематичних заходів з обміну досвідом. Основним орієнтиром є синергія деревообробного і будівельного кластерів на основі пошуку сталих рішень з пропагуванням використання деревини як ключового матеріалу, що на сьогодні не є поширеним напрямом. Відповідно до закону про виведення будівельної продукції на ринок, відбуваються спроби впровадження норм і регуляцій ЄС, що мало би бути початком співпраці із залученими сторонами у будівництві з деревини.

Ціни на будівельні матеріали в Україні переважно вищі, ніж за кордоном, насамперед за рахунок імпортування ізоляційних і плитних матеріалів. Виняток складають місцеві матеріали – пісок, щебінь, скло, цемент, бетон, метал. Проте сантехнічні, електротехнічні, ізоляційні матеріали, аспіраційні системи, опалення мають переважно іноземне походження, тому вони дорожчі за рахунок маржі, логістики, дистриб'юторів.

Також існує інтерес до партнерств на основі *створення/пропагування/впровадження* норм, регуляцій щодо використання деревини для багатопверхових об'єктів. Для впровадження переваг для виробників матеріалів із вуглецево-нейтральних будівельних конструкційних матеріалів все ще бракує нормативних регулятивних умов і правил. Це ті норми, що функціонують у країнах ЄС, але досі не діють в Україні. За умовного тандера на будівництво, наприклад, школи, архітектурні проекти із використанням вуглецево-нейтральної конструкційної деревини мали б перевагу над проектами без вуглецево-нейтральних складових.

Підприємство у своїй діяльності безпосередньо не планує заходи зі збереження біорізноманіття, але використовує «продукт», дотичний до біорізноманіття, беручи до уваги використання сертифікованої деревини. Ціна за сертифіковану деревину

є доволі високою, тому вона має інтервалізувати витрати на лісовідновлення. Відповідно до принципів циркулярної економіки важливо запровадити виробництво без утворення відходів, коли відходи не утилізують, а їх купляє інше підприємство для використання в іншому виробництві. У такому разі відходи знаходять своє подальше використання у створенні іншого виду продукту.

*Ціннісна пропозиція – сталість.* Підприємство споживає сировину і виробляє вироби, але та сировина, що її підприємство споживає, придбана як сировина у лісгоспів, і саме на етапі плати за сировину має забезпечуватися та підтверджуватися сталість через лісовідновлення, оскільки підприємство не має повноважень на таку сферу діяльності. Щодо продажу виробів підприємства, то наслідком є заміщення неприродних, невідновлюваних матеріалів природними, відновними, що зменшує використання вичерпних ресурсів. Це актуально, наприклад, з огляду на дефіцитність піску, що підтверджується контактами з підприємцями, які виробляють бетон. Ціни на пісок постійно зростають, реальністю є отримання дозволів на видобуток конкретних обсягів піску, бо це ресурс, який є вичерпним.

*Відносини з клієнтами* – важливим аспектом є побудова довготривалих відносин в умовах закритості ринку, коли часто країни відмовляються купувати імпортовані товари з тих чи інших причин, чи просто для того, аби гроші залишалися у країні, і навіть у певній громаді. Надмірна централізація податкових та інших платежів не сприяє розвитку громади. Цільові відносини з клієнтами – довготривалі, національно орієнтовані. Пріоритетом є розвиток можливостей, спроможностей реалізації продукції на внутрішньому ринку, із замкненням циклу зі створення доданої вартості та принесенням користі там, де працює підприємство. Таким чином реалізація продукції в Україні уможливорює отримання доходів наступним підприємством, яке умовно формуватиме житловий фонд, соціальну інфраструктуру, іпотечні програми, що стимулюватиме збільшення робочих місць – саме так можна окреслити співпрацю з *клієнтами/партнерами*.

*Сегменти клієнтів* – сегментація за напрямками. Основний – сфера екологічного сучасного будівництва не лише житлових будівель, але й всіх можливих будівель і споруд. Будівельний сегмент повинен мати більше інформації про наявність матеріалів підприємства, які за вартістю є перспективними в контексті *заміни/альтернативи*. Необізнаність і нетрендовість перешкоджають розвитку ринку. Для прикладу, в Німеччині орієнтовно 35% дозволів на проекти двоповерхового будівництва видають на проекти будівництва з деревини.

*Сегменти клієнтів* – *девелопери/архітектори*, які підкреслюватимуть переваги будівництва житла з деревини над типовими досі будівлями з *цегли/бетону*. Серед клієнтів – державні тендери

з умовами екологічності, із використанням умовно 50% екологічних матеріалів замість *бетону/цегли*. Запровадження вимог регульованого мінімального відсотка таких проєктів із усього будівництва є передумовою росту цієї галузі.

**Ключові ресурси** – сертифікована за критеріями лісової сертифікації деревина, яка пройшла цикл перевірки і підтверджує, що закупівля такої сировини уможливило відновлення спожитої сировини. До цього також відносяться автоматизація і роботизація, використання та модернізація технологій сталого виробництва.

**Структура витрат** – насамперед витрати на виробництво, на виробничий процес. Пізніше – дослідження, розвиток, інвестиції, аудит, сертифікація, безкінечний процес виробництва, використання основних фондів та інвестиція у них, придбання нового обладнання, технології, автоматизація.

**Потоки доходів** – продаж сертифікованої продукції, потенційні дотації, програми розвитку підприємства із використанням державних та іноземних фондів. Підтримка створення робочих місць, як наслідок – ріст сплати податків, створення нових продуктів, за рахунок чого формуються умови для фінансування таких програм.

Економічний шар є першою складовою частиною сталої тришарової бізнес-моделі, проте він не є основним предметом аналізу, тому його спеціально спрощено і не висвітлено детально. Важливо акцентувати увагу на тому, що фінансове здоров'я компанії є необхідною передумовою її існування і можливості забезпечення позитивного впливу у сферах соціальної та екологічної сталості. Подібно до екологічного шару канви бізнес-моделі, соціальний шар (рис. 8) канви розширює початкову (економічну) бізнес-модель шляхом дослідження взаємодії організації із соціумом через призму зацікавлених сторін (Joyce, & Raquin, 2016).

Відповідно до методології тришарової канви бізнес-моделі, представлені далі соціальний та екологічний пласти бізнес-моделі засновані на публічних даних про компанію – звітах, прес-релізах, статтях та інших загальнодоступних даних (Joyce, & Raquin, 2016). Дані про екологічний шар тришарової канви бізнес-моделі висвітлені детальніше у нашій попередній публікації про екологічний слід продукту підприємства (Soloviy et al., 2024).

Пропонована стала бізнес-модель підприємства «Мілвуд» (рис. 9) інтегрує три виміри бачення сталості розвитку.



Рис. 8. Тришарова бізнес-модель канва Мілвуд – соціальний шар

Fig. 8. Three-layer business model Millwood canvas – social layer

**Дискусія (Discussion).** Питання сталості розглядаються науковцями у багатьох актуальних контекстах. Так F. Boons, & F. Lüdeke-Freund (2013) порушують питання забезпечення сталих інновацій на основі концепції бізнес-моделей. Праця авторів (Wirtz et al., 2016) є важливою тим, що в ній досліджують актуальні питання значення бізнес-моделей у глобальній економіці в цілому. У дослідженні Т.О. Челепіса, І.П. Соловія (2022) увагу зосереджено на екосистемних послугах, як чиннику, який уможливило створення доданої вартості бізнес-моделі, зокрема досліджено механізми

функціонування бізнес-моделей підприємств лісового господарства з інтеграцією послуг екосистем, завдяки чому створюється можливість водночас вирішувати проблеми, пов'язані зі станом довкілля та добробутом місцевих громад.

Шаблон для розробки циркулярних бізнес-моделей є цінним кроком уперед, оскільки він пропонує розширити традиційну канву бізнес-моделі, закликаючи до горизонтальної та перехресної інтеграції бізнес-моделей учасників, а також пропонує п'ять модулів відновлення (Braun, Schöllhammer, & Rosenkranz, 2021). Зокрема, розділи

для відображення реверсної логістики пов'язані з основною схемою за допомогою графіки з метою акцентування уваги, що бізнес-моделі повинні бути створені таким чином, щоб вони могли взаємно інтегруватися і допомогти бізнесу зрозуміти

герметичність ресурсних циклів. У шаблоні немає спеціального поля, яке б стосувалося екологічних і соціальних витрат і вигід. Крім того, йому бракує бачення щодо того, як бізнес-моделі суб'єктів можуть бути пов'язані між собою.

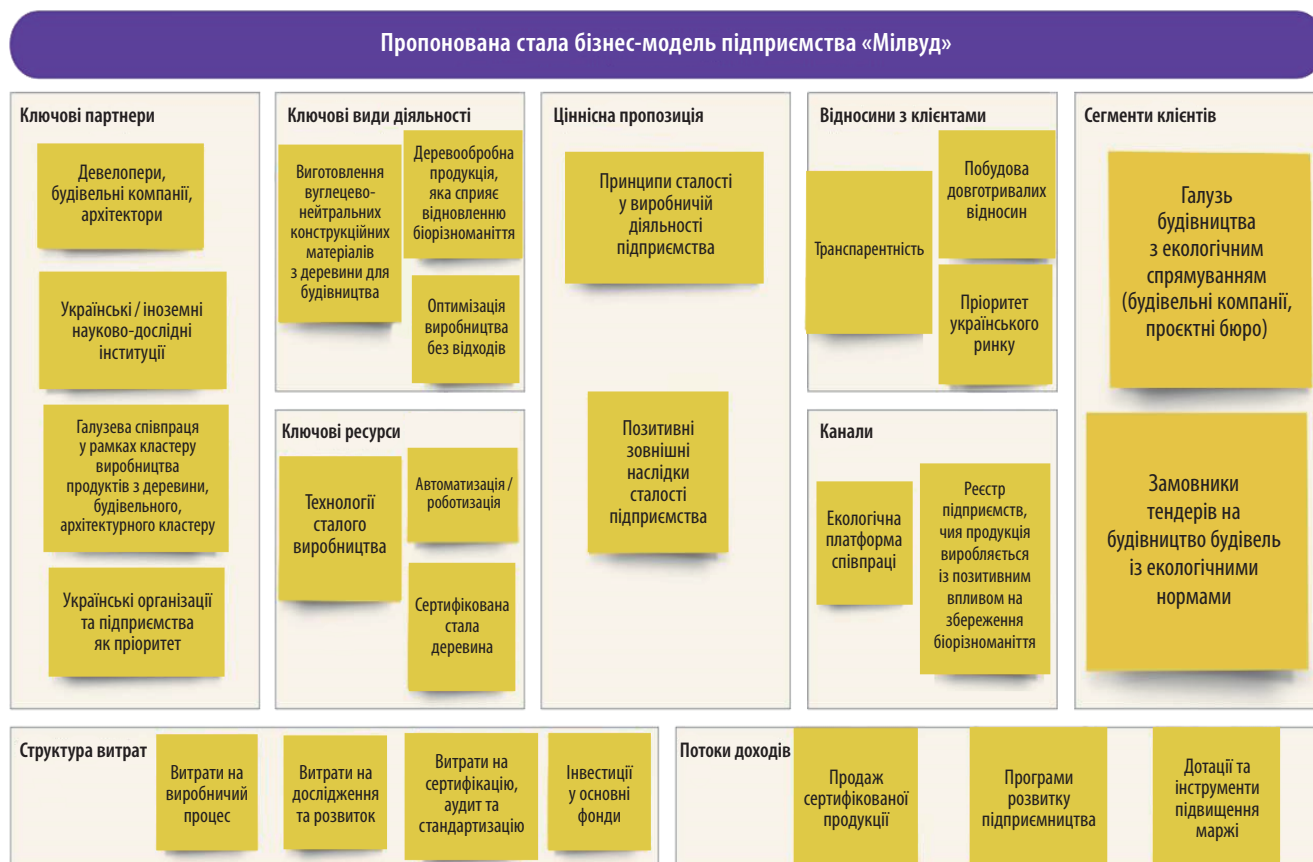


Рис. 9. Пропонована стала бізнес-модель підприємства «Мілвуд»

Fig. 9. Proposed sustainable business model of the Millwood enterprise

Інші адаптації традиційного шаблону бізнес-моделі претендують на увагу до питань сталості та циклічності, але вони забезпечують обмежений прогрес. Наприклад, модель *Ecocanvas* (Daou et al., 2020) пропонує лише часткове вирішення цих питань. Можна виокремити такі сфери в діяльності бізнесу, як стратегічне планування, управління витратами, управління ланцюгами поставок, управління якістю, екологічне управління, управління процесами, логістика та зворотна логістика, управління послугами, а також дослідження та розробки, що вимагає з'ясування внесків циркулярної економіки у кожну з цих сфер (Barros et al., 2021). Однак циркулярна бізнес-модель все ще зосереджена на моделюванні бізнесу однієї організації і не може відображати фінансові, ресурсні та інформаційні потоки всередині системи.

Українські науковці, розвиваючи наявні напрацювання, вважають, що повосення відбудова економіки України має ґрунтуватися саме на циркулярних бізнес-моделях (Кучер А, Кучер Л, 2024). Циркулярна економіка може відігравати важливу роль

у сталому управлінні бізнесом на всіх рівнях організації. Для зміни економічної моделі з лінійної на циркулярну на різних рівнях учені пропонують державі розробити чітку стратегію переходу на циркулярні принципи економіки (Горбаль, Плїш, 2021; Гайда, 2023). На сьогодні елементи такої стратегії відображено в окремих нормативних документах, згаданих публікаціях, однак вони ще не стали платформою процесу прийняття всіх бізнес-рішень на засадах сталого розвитку.

**Висновки (Conclusionns).** Аналіз публікацій у сфері сталих бізнес-моделей у науковій літературі засвідчив, що, незважаючи на відмінності, увагу в них сфокусовано на творенні цінності для ширшого кола зацікавлених сторін шляхом інтеграції соціальної, екологічної та бізнес-діяльності. Застосування такого підходу апробовано на прикладі розташованого у регіоні Українських Карпат підприємства «Мілвуд», яке репрезентує деревообробні підприємства, що використовують місцеву сертифіковану сировину для виробництва та беруть до уваги у своїй діяльності інтереси місцевих

громад. Інтерв'ювання управлінського персоналу підприємства дало можливість виявити бачення ключових ресурсів видів діяльності, партнерів, ціннісної пропозиції, сегментів клієнтів та відносин з ними з погляду досягнення сталості бізнесу.

Сталий розвиток українських підприємств і підвищення їхньої міжнародної конкурентоспроможності вимагають впровадження циркулярних бізнес-моделей, виходячи з того, що циркулярна модель важлива не тільки для охорони довкілля, але й для економічної ефективності підприємств. Нові моделі бізнесу, орієнтовані на сталість, дають змогу вийти за рамки логіки визначення вартості, зосередженої лише на фінансових операціях, шляхом визначення екологічних та соціальних вигод і витрат. Крім того, трирівнева бізнес-модель спонукає бізнес до того, щоб замислитися над питанням постачання, виробництва, використання та завершення життєвого циклу продукції.

**Acknowledgement.** Стаття виконана у рамках проекту, що фінансується ЄС – проект «CircHive» (Project 101082081 – CircHive) «Розробка та пілотування слідів біорізноманіття та обліку природного капіталу через “вулик” галузевих центрів для сталого переходу до циркулярної біоекономіки ЄС», що виконується у рамках міжнародної програми «Горизонт Європа» (Horizon Europe. Topic HORIZON-CL6-2022-BIODIV-01-04 (IA). Natural capital accounting: Measuring the biodiversity footprint of products & organisation).

### Список літератури (References)

- Гайда, С.В. (2023). Визначення показника циркулярності в лісовому секторі за принципами циркулярної економіки. *Лісове госп-во, лісова, паперова та деревообр. пром-сть*, 49, 99-114. [Gayda, S. (2023). Determination of the circularity indicator in the forest sector according to the principles of the circular economy. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 49, 99-114. <https://doi.org/10.36930/42234908>] (in Ukrainian)
- Горбаль, Н., Пліш, І. (2021). Циркулярні бізнес-моделі для сталого розвитку українських підприємств. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Серія «Проблеми економіки та управління»*, 5(1), 15-29. [Horbal, N., & Plish, I. (2021). Circular business models for sustainable development of Ukrainian enterprises. *Bulletin of Lviv Polytechnic National University series: “Economics and Management Issues”* 5(1), 15-29. <https://doi.org/10.23939/semi2021.01.015>] (in Ukrainian)
- Кучер, А., Кучер, Л. (2024). Бізнес-моделі для сталого розвитку: глобальні тенденції публікаційної активності. *Бізнес-моделі для сталого розвитку: виклики та цифрова трансформація: тези доповідей Міжнарод. наук.-практ. конф., м. Харків*, 15-16 лютого 2024 р. Харків: ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 47-49. [Kucher, A., & Kucher, L. (2024). Business models for sustainable development: global tendencies of publishing activity. In *Business models for sustainable development: challenges and digital transformation: Proceedings of International Science and Practical Conference*, 47-49. Kharkiv, February 15-16. Kharkiv: V.N. Karazin National University. Retrieved from: [https://www.researchgate.net/publication/381434711\\_Biznes-modeli\\_dla\\_stalogo\\_rozvitku\\_globalni\\_tendencii\\_publikacijnoi\\_aktivnosti](https://www.researchgate.net/publication/381434711_Biznes-modeli_dla_stalogo_rozvitku_globalni_tendencii_publikacijnoi_aktivnosti)] (in Ukrainian)
- Пелюх, О., Соловій, І., Кійко, О., Ільків, М., Челепіс, Т., Лавний, В. (2023). Слід біорізноманіття продукту: теорія і методологія розрахунку. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 25, 156-166. [Pelyukh, O., Soloviy, I., Kiyko, O., Ilkiv, M., Chelepis, T., & Lavnyy, V. (2023). Product biodiversity footprint: theory and estimation methodology. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 25, 156-166. <https://doi.org/10.15421/412313>] (in Ukrainian)
- Про цілі сталого розвитку України на період до 2030 року. Указ Президента України від 30 вересня 2019 р. [About the sustainable development goals of Ukraine for the period until 2030. Decree of the President of Ukraine dated September 30, 2019. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/722/2019#Text>] (in Ukrainian)
- Челепіс, Т.О., Соловій, І.П. (2022). Бізнес-моделі ведення лісового господарства на основі надання послуг екосистем: аналіз інноваційних підходів. *Науковий вісник НЛТУ України*, 32(3), 43-48. [Chelepis, T.O., & Soloviy, I.P. (2022). Forest management business models based on sustainable provision of ecosystem services: a review of innovative approaches. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 32(3), 43-48. <https://doi.org/10.36930/40320307>] (in Ukrainian)
- Abdelkafi, N., & Täuscher, K. (2016). Business Models for Sustainability From a System Dynamics Perspective. *Organization & Environment*, 29(1), 74-96. <https://doi.org/10.1177/1086026615592930>
- Barros, M.V., Salvador, R., do Prado, G.F., de Francisco, A.C., & Piekarski, C.M. (2021). Circular economy as a driver to sustainable businesses, *Cleaner Environmental Systems*, 2, 100006. <https://doi.org/10.1016/j.cesys.2020.100006>
- Birkin, F., Cashman, A., Koh, S.C.L., & Liu, Z. (2009). New sustainable business models in China. *Business Strategy and the Environment*, 18, 64-77. <https://doi.org/10.1002/bse.568>
- Bocken, N.M.P., Short, S.W., Rana, P., & Evans, S. (2014). A literature and practice review to develop sustainable business model archetypes. *Journal of Cleaner Production*, 65, 42-56. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.11.039>
- Bocken, N.M.P., Short, S.W., Rana, P., & Evans, S. (2013). A value mapping tool for sustainable business modelling. *Corporate governance*, 13(5), 482-497. <https://doi.org/10.1080/21681015.2014.1000399>

- Boons, F., & Lüdeke-Freund, F. (2013). Business Models for Sustainable Innovation: State of the Art and Steps towards a Research Agenda. *Journal of Cleaner Production*, 45, 9-19. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.07.007>
- Braun, A.T., Schöllhammer, O., & Rosenkranz, B. (2021). Adaptation of the business model canvas template to develop business models for the circular economy, *14th CIRP Conference on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering*, 15-17 July 2020, Elsevier, 698-702. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2021.03.093>
- Daou, A., Mallat, C., Chammas, G., Cenrantola, N., Kayed, S., & Saliba, N.A. (2020). The Ecocanvas as a business model canvas for a circular economy. *Journal of Cleaner Production*, 258(2), 120938. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120938>
- Dentchev, N., Baumgartner, R., Dieleman, H., Jóhannsdóttir, L., Jonker, J., Nyberg, T., ... van Hoof, B. (2016). Embracing the variety of sustainable business models: Social Entrepreneurship, Corporate Intrapreneurship, Creativity, Innovation, and other approaches to sustainability challenges. *Journal of Cleaner Production*, 113(1), 1-4. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.10.130>
- Evans, S., Gregory, M., Ryan, C., Bergendahl, M.N., & Tan, A. (2009). *Towards a sustainable industrial system: With recommendations for education, research, industry and policy*. University of Cambridge, Institute for Manufacturing. Retrieved from [http://www.ifm.eng.cam.ac.uk/sis/industrial\\_sustainability\\_report.pdf](http://www.ifm.eng.cam.ac.uk/sis/industrial_sustainability_report.pdf)
- Evans, S., Vladimirova, D., Holgado, M., Van Fossen, K., Yang, M., Silva, E.A., & Barlow, C.Y. (2017). Business Model Innovation for Sustainability: Towards a Unified Perspective for Creation of Sustainable Business Models. *Business Strategy and the Environment*, 26, 597-608. <https://doi.org/10.1002/bse.1939>
- Garetti, M., & Taisch, M. (2011). Sustainable manufacturing: trends and research challenges. *Production Planning & Control*, 23(2-3), 83-104. <https://doi.org/10.1080/09537287.2011.591619>
- Geissdoerfer, M., Vladimirova, D., Evans, S. (2018). Sustainable business model innovation: A review, *Journal of Cleaner Production*, 198, 401-416. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.06.240>
- Joyce, A., & Paquin, R. (2016). The triple layered business model canvas: A tool to design more sustainable business models. *Journal of Cleaner Production*, 135, 1474-1486. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.06.067>
- Osterwalder, A., & Pigneur, Y. (2010). *Business Model Generation: a Handbook for Visionaries, Game Changers, and Challengers*, John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey.
- Philip, L.D., Emir, F., & Alola, A.A. (2022). The asymmetric nexus of entrepreneurship and environmental quality in a developing economy. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 19, 7625-7636. <https://link.springer.com/article/10.1007/s13762-021-03670-y>
- Schaltegger, S., Lüdeke-Freund, F., & Hansen, E.G. (2012). Business cases for sustainability: the role of business model innovation for corporate sustainability. *International journal of innovation and sustainable development*, 6(2), 95-119. <https://doi.org/10.1504/IJISD.2012.046944>
- Soloviy, I., Kiyko, O., Ilkiv, M., Chelepis, T., Pelyukh, O., & Lavnyy, V. (2024). Assessment of the Furniture Board Ecological Footprint: Case Study of a Woodworking Enterprise in the Carpathian Region of Ukraine. *Bulletin of the Transilvania University of Brasov. Series II: Forestry. Wood Industry, Agricultural Food Engineering*, 17(66), 1, 103-122. <https://doi.org/10.31926/but.fwiafe.2024.17.66.1.6>
- Stubbs, W., & Cocklin, C. (2008). Conceptualizing a "Sustainability Business Model". *Organization & Environment*, 21(2), 103-127. <https://doi.org/10.1177/1086026608318042>
- Upward, A., & Jones, P. (2016). An Ontology for Strongly Sustainable Business Models: Defining an Enterprise Framework Compatible With Natural and Social Science. *Organization & Environment*, 29(1), 97-123. <https://doi.org/10.1177/1086026615592933>
- WBCSD (2024). *Vision 2050: Time to transform*. Retrieved from <https://www.wbcd.org/vision-2050/>
- Wirtz, B., Pistoia, A., Ullrich, S., & Göttel, V. (2016). Business Models: Origin, Development and Future Research Perspectives. *Long Range Planning*, 49(1), 36-54. <https://doi.org/10.1016/j.lrp.2015.04.001>
- World Economic Forum. (2024). The global risks report 2024. Retrieved from <https://www.weforum.org/publications/global-risks-report-2024/>

### Developing a business model focused on the planning sustainability of forest sector enterprises

I. Soloviy<sup>1</sup>, O. Kiyko<sup>2</sup>, V. Lavnyy<sup>3</sup>, I. Buhanevych<sup>4</sup>,  
O. Pelyukh<sup>5</sup>, M. Ilkiv<sup>6</sup>, T. Chelepis<sup>7</sup>, D. Savka<sup>8</sup>,  
O. Lutsenko<sup>9</sup>

The aim of the study is to analyze and develop prototypes of a sustainable business model for Ukrainian forest enterprises using a specific wood processing enterprise as an example. The number of publications on sustainable business models in international journals is increasing, which reflects the growing importance of this area of research. The article analyzes the main countries, journals, leading authors and main disciplinary areas in which articles on sustainable business models are published. An analysis of the definitions of the term "sustainable business model" in the academic literature shows that, despite different interpretations, the emphasis is on creating value for

a wider range of stakeholders by integrating social, environmental and economic activities. The case study company Millwood is located in the Carpathian region of Ukraine and is a representative of wood processing companies using local raw materials for production. Interviews with the company representatives allowed us to identify the vision of key resources and activities, key partners, value proposition, customer segments and relationships with them. The economic layer is the first component of a sustainable three-pillar business model, but it is not the main focus of the analysis, so it is deliberately simplified and not discussed in detail. However, it is important to emphasize that the financial health of a company is a prerequisite for its existence and ability to make a positive impact in the areas of social and environmental sustainability. Similar to the environmental layer of the business model framework, the social layer of the framework extends the initial (economic) business model by examining the organization's interaction with society through the lens of stakeholders.

Following the methodology of the three-layer business model framework, the social and environmental layers of the three-layer business model framework presented below are based on public data about the company, such as company reports, press releases, articles, and other publicly available data. Data on the environmental layer of the three-layer business model canvas is covered in more detail in the data on the environmental footprint of the company's products (Soloviy et al., 2024). The proposed sustainable business model of Millwood integrates the ideas of three dimensions based on the vision of sustainability. In general, it is concluded that in order to change the economic model from linear to circular, it is necessary to develop a strategy for the transition to circular economy principles, since its elements are only reflected in certain regulatory documents and publications, but have not become a platform for making business decisions based on sustainable development.

**Key words:** business processes; sustainable production; responsible consumption; circular economy; value proposition.

- <sup>1</sup> *Ihor Soloviy* – Full Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Vice-president of the Ukrainian Forestry Academy of Sciences, Doctor of Economic Sciences, Professor at the Department of Ecological Economics and Business. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: 032-287-03-88. E-mail: soloviy@yahoo.co.uk ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5885-6264>
- <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. E-mail: orest.kiyko@nltu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5504-0278>
- <sup>3</sup> *Vasyl Lavnyy* – Full Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Doctor of Agricultural Sciences, Vice Rector for Research. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka, Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: 032-237-89-05. E-mail: lavnyy@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2069-9026>
- <sup>4</sup> *Igor Bukhanevych* – CEO, Millwood LLC, 4 Zavodska st., Vygoda, Dolyna District, Ivano-Frankivsk Region, 77552, Ukraine. Tel.: +380 (34) 776-11-35. E-mail: i.bukhanevych@millwood.com.ua
- <sup>5</sup> *Oksana Pelyukh* – PhD in Economic Sciences, Assistant at the Department of Ecological Economics and Business. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. E-mail: pelyukh.o@nltu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1889-3623>
- <sup>6</sup> *Mykhailo Ilkiv* – Assistant at the Department of Furniture Production Techniques and Wood Products Technology. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. E-mail: mykhailo.ilkiv@nltu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-1630-9974>
- <sup>7</sup> *Taras Chelepis* – PhD Student at the Department of Ecological Economics and Business. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynky st., Lviv, 79057, Ukraine. E-mail: taras.chelepis@nltu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3845-4211>
- <sup>8</sup> *Dmytro Savka* – PhD Student at the Department of Department of environmental and wood protection technologies and life safety. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynky st., Lviv, 79057, Ukraine. E-mail: savka.d@nltu.lviv.ua ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-8060-5470>
- <sup>9</sup> *Andriy Lutsenko* – PhD Student at the Department of Wood product and furniture technology. Department. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynky st., Lviv, 79057, Ukraine. E-mail: lutsenko.a@nltu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-9628-1279>

## 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/10.15421/412425>  
Article received 2024.03.19  
Article accepted 2024.10.18

ISSN 1991-606X print  
ISSN 2616-5015 online  
@ ✉ Correspondence author  
Volodymyr Mayevskyy  
[volodymyr\\_mayevskyy@nltu.edu.ua](mailto:volodymyr_mayevskyy@nltu.edu.ua)  
103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine

УДК 674.061

### Визначення витрати дубових сухих обрізних пиломатеріалів на виготовлення клеєних щитів

В.О. Маєвський<sup>1</sup>, Р.О. Мороз<sup>2</sup>, С.В. Копинець<sup>3</sup>, О.Б. Ференц<sup>4</sup>,  
Р.Б. Щупаківський<sup>5</sup>, Є.М. Миськів<sup>6</sup>

Підприємства України виготовляють клеєні щити як для реалізації на внутрішньому та зовнішньому ринках, так і для виробництва власної продукції. Встановлення виходу заготовок, виду і кількості відходів мають вагомe значення з погляду комплексного використання деревини, тому важливим є дослідження поопераційних витрат деревини на технологічних етапах виготовлення клеєних щитів.

Наведено один із варіантів технологічного процесу виготовлення з дубових сухих обрізних пиломатеріалів клеєних щитів з цільних і зрощених заготовок. Експериментальні дослідження виконано у виробничих умовах, де задіяно обладнання провідних виробників – *Weinig Vertrieb und Service GmbH & Co. KG (Німеччина)*, *Conception R. P. Inc. (Канада)*, *Viet Italia S.r.l. (Італія)* та *Omga (Італія)*.

<sup>1</sup> Маєвський Володимир Олександрович – доктор технічних наук, професор, директор навчально-наукового інституту деревообробних технологій і дизайну, професор кафедри технологій лісопиляння, столярних і дерев'яних будівельних виробів. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. E-mail: [volodymyr\\_mayevskyy@nltu.edu.ua](mailto:volodymyr_mayevskyy@nltu.edu.ua) ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5820-9454>

<sup>2</sup> Мороз Ростислав Олегович – аспірант кафедри технологій лісопиляння, столярних і дерев'яних будівельних виробів. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. E-mail: [rostyslav.moroz@nltu.edu.ua](mailto:rostyslav.moroz@nltu.edu.ua) ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-7810-5542>

<sup>3</sup> Копинець Сергій Володимирович – аспірант кафедри технологій лісопиляння, столярних і дерев'яних будівельних виробів. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. E-mail: [kopynets.serhii@nltu.lviv.ua](mailto:kopynets.serhii@nltu.lviv.ua) ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-6194-8309>

<sup>4</sup> Ференц Олег Богданович – кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри технологій лісопиляння, столярних і дерев'яних будівельних виробів. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. E-mail: [oleh.ferents@nltu.edu.ua](mailto:oleh.ferents@nltu.edu.ua) ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4322-3952>

<sup>5</sup> Щупаківський Роман Богданович – кандидат технічних наук, доцент кафедри технологій лісопиляння, столярних і дерев'яних будівельних виробів. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. E-mail: [roman.shchupakivskyi@nltu.edu.ua](mailto:roman.shchupakivskyi@nltu.edu.ua) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5242-1267>

<sup>6</sup> Миськів Євстахій Михайлович – кандидат технічних наук, старший викладач кафедри технологій лісопиляння, столярних і дерев'яних будівельних виробів. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. E-mail: [myskivs@i.ua](mailto:myskivs@i.ua) ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1762-4728>

Під час проведення експериментальних досліджень переробляли пиломатеріали завтовшки 31 мм, завширишки 175 мм і завдовжки 2150 мм з таким розподілом за сортами: Q-FA – 3,10%, Q-F1a – 7,88%, Q-F1b – 6,86%, Q-F2 – 13,83%, Q-F3 – 68,33% від їхнього загального об'єму.

Встановлено поопераційні витрати дубових сухих обрізних пиломатеріалів на 1 м<sup>3</sup> клеєних щитів розмірами 20×600×1200 мм; 20×700×1400 мм; 20×900×1600 мм та 20×500×2000 мм з цільних заготовок і 20×800×1800 мм та 20×750×1800 мм – зі зрощених заготовок. За досліджуваних умов, вихід клеєних щитів від об'єму сухих обрізних пиломатеріалів становить 33,65%, з них 9,84% клеєних щитів – з цільних і 23,81% – зі зрощених заготовок. Витрата дубових сухих обрізних пиломатеріалів на виготовлення клеєних щитів з цільних і зрощених заготовок за досліджуваних умов становить 2,970 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>.

**Ключові слова:** дуб; поопераційні витрати; технологічний процес; клеєний щит зі зрощених заготовок; клеєний щит з цільних заготовок; заготовка; розмір; сорт.

**Вступ (Introduction).** Баланс деревини у будь-якому виробництві відображає розподіл сировини за видами продукції, відходів і втрат деревини, як загалом, так і на кожному етапі технологічного процесу. Це важливо з погляду раціонального використання як деревинної сировини, так і відходів деревини. Аналіз результатів дослідження щодо витрат деревини за реалізації різних варіантів технологічних процесів дасть змогу підприємствам застосовувати ресурсоощадливі технології виготовлення клеєних щитів.

Послідовність технологічних етапів під час виготовлення клеєних щитів залежить, здебільшого, від вхідної деревинної сировини та наявного технологічного обладнання. Заготовки для клеєних щитів випилюють з обрізних або необрізних пиломатеріалів, сухих чи сирих, і тоді процес сушіння деревини відбувається або в пиломатеріалах, або в заготовках.

Вплив різних факторів на вихід заготовок під час розкрою пиломатеріалів є предметом досліджень багатьох науковців. За умови розпилювання сирих необрізних дубових пиломатеріалів отримано усереднений вихід сирих заготовок для клеєних щитів – 66,97% (Маєвський та ін., 2019b).

У роботі Н.В. Марченко, С.М. Мазурчука, П.А. Никитюка (2016) досліджено якісний вихід пиляних заготовок з дубових необрізних пиломатеріалів, сортованих за стандартами, які на цей час вже не чинні у нашій країні. У середньому вихід дубових пиляних заготовок становив близько 69%.

Діапазон об'ємного виходу дубових пиляних заготовок знаходиться в межах від 56,67 до 83,62% (Коваль, Мазурчук, 2013). Під час проведення експериментальних досліджень з розпилювання пиломатеріалів на заготовки використано паспортизацію дубових необрізних пиломатеріалів за розмірно-якісними характеристиками, встановлених за стандартами, які на цей час вже не є чинними у нашій країні. Автори стверджують, що величина розбіжності діапазону об'ємного виходу пиляних заготовок в основному залежить від розмірно-якісних характеристик розпилюваних пиломатеріалів.

Вплив на об'ємний вихід заготовок з пиломатеріалів також мають розміри заготовок за довжи-

ною (Mitchell, Wiedenbeck, & Ammerman, 2005). Окрім заготовок фіксованих довжин, доцільно випилювати заготовки різнодовжинні, які згодом використовують для зрощування за довжиною і в подальшому – на виготовлення клеєних щитів зі зрощених заготовок.

На підприємствах реалізують різні технологічні процеси виготовлення клеєних щитів (Dilik, Erdinler, & Kurtoglu, 2012). Вибір варіанту технологічного процесу на діючих підприємствах залежить, насамперед, від наявного технологічного обладнання; під час проєктування нових підприємств – фінансових можливостей інвесторів. Дослідження поопераційних витрат сировини у виготовленні виробів з деревини, зокрема й клеєних щитів, є передумовою для розроблення раціональних технологічних процесів їхнього виготовлення (Маєвський та ін., 2019a; Маєвський та ін., 2021).

На цей час підприємства України виготовляють клеєні щити як для реалізації на внутрішньому та зовнішньому ринках, так і для виробництва з них власної продукції. Добрі характеристики клеєних щитів, зокрема формостійкість, екологічність та естетичність, обґрунтовують потребу в них як конструкційного матеріалу для виробів із деревини (Dilik et al., 2012; Кривик, Маєвський, Жмурко, 2012; Маєвський, Удовицька, 2014; Подібка, 2018).

Технологічний процес виготовлення клеєних щитів потребує детального дослідження його окремих технологічних етапів (операцій), зокрема етапу розкрою пиломатеріалів на заготовки, як найбільш складного процесу з погляду варіабельності вхідних і вихідних факторів (Charles, Gatchell, & Thomas, 1997; Mitchell et al., 2005; Маєвський, Мацишин, Миськів, 2010; Марченко та ін., 2016; Malkoçoğlu, & Çakmak, 2017; Мороз та ін., 2020). До основних вхідних факторів здебільшого відносять особливості деревини певної породи, вид оброблення пиломатеріалів та їхню розмірно-якісну характеристику, а до вихідних – вид розпилювання та розмірно-якісну характеристику заготовок.

Важливим аспектом є також дослідження поопераційних витрат деревини на інших технологічних етапах виготовлення клеєних щитів, оскільки встановлення виходу заготовок, виду і кількості відходів мають вагоме значення з погляду

комплексного використання деревини (Маєвський та ін., 2019a; Dilik et al., 2012).

*Мета роботи* – визначити поопераційні норми витрати деревини на етапах технологічного процесу виготовлення клеєних щитів з дубових сухих обрізних пиломатеріалів.

Для досягнення поставленої мети визначено такі основні *завдання дослідження*:

- здійснення аналізу існуючої технології та обладнання для виготовлення клеєних щитів у виробничих умовах;

- проведення експериментальних досліджень з витрати деревини на усіх етапах технологічного процесу виготовлення клеєних щитів;

- визначення балансу деревини під час виготовлення клеєних щитів з дубових сухих обрізних пиломатеріалів, на основі чого встановити витрати деревини на кожному етапі технологічного процесу.

**Об'єкти і методи досліджень (Objekts and methods).** *Об'єкт дослідження* – процес виготовлення клеєних щитів з дубових сухих обрізних пиломатеріалів. *Предмет дослідження* – витрати дубових сухих обрізних пиломатеріалів на етапах технологічного процесу виготовлення клеєних щитів.

Експериментальні дослідження проводили у виробничих умовах. Досліджено технологічний процес виготовлення клеєних щитів з дубових сухих обрізних пиломатеріалів. Клеєні щити виготовляли з цільних і зрощених заготовок. Під час виконання експериментальних досліджень здійснено аналіз усіх етапів технологічного процесу виготовлення клеєних щитів з цільних і зрощених заготовок, а також проведено встановлення розмірів і кількості заготовок для визначення витрати сировини на кожному з етапів.

На першому етапі експериментальних досліджень здійснено паспортизацію (встановлення розмірів відібраних дошок за шириною, товщиною і довжиною, а також вимірювання та облік вад (ознак) деревини і дефектів оброблення з фіксацією результатів у журналі спостережень) 100 шт. дубових сухих обрізних пиломатеріалів і встановлено їхній сорт згідно з EN 975-1:2009. Вимірювання розмірів дошок (товщини, ширини і довжини) проводили згідно з ДСТУ EN 1309-1-2001. Розміри вад (ознак) деревини та дефектів оброблення визначали згідно з EN 1309-3:2018. Розміри заготовок на етапах технологічного процесу визначали згідно з ДСТУ EN 1309-1-2001.

У досліджуваному технологічному процесі виготовлення клеєних щитів з сухих обрізних пиломатеріалів застосовано сучасне деревообробне обладнання провідних виробників, зокрема: Weinig Vertrieb und Service GmbH & Co. KG (Німеччина), Conception R.P. Inc. (Канада), Viet Italia S.r.l. (Італія), Omga (Італія).

Послідовність етапів досліджуваного технологічного процесу передбачає: поздовжнє розпилю-

вання пиломатеріалів на ділянки деревини; стругання поверхні ділянок деревини для кращого виявлення недопустимих у клеєних щитах вад деревини; поперечне розпилювання ділянок деревини на чорнові заготовки; сортування заготовок за довжиною на фіксовані розміри, які використовуватимуться цільними, і різнодовжинні, які зрощуватимуть за довжиною. Заготовки фіксованих довжин проходять чистове чотирибічне стругання, після чого проводять підбір заготовок в щити, нанесення клею на крайки і склеювання щитів. Різнодовжинні заготовки проходять зрощування за довжиною (фрезерування шипів, нанесення клею, склеювання), технологічну витримку, чистове чотирибічне стругання (калібрування), підбір заготовок в щити, нанесення клею на крайки і склеювання щитів. Після технологічної витримки клеєних щитів їх калібрують за товщиною та обрізають в розмір за периметром. Структурна схема технологічного процесу виготовлення клеєних щитів з цільних і зрощених заготовок наведена на рис. 1.

Об'ємний вихід заготовок (заготовок після оброблення) з сухих обрізних пиломатеріалів (заготовок до оброблення) визначали за формулою:

$$P_{\text{вих.з}} = \frac{V_{\text{вих.з}}}{V_{\text{вх.м}}} \cdot 100, \% \quad (1)$$

де:  $V_{\text{вих.з}}$  – об'єм заготовок після оброблення, м<sup>3</sup>;  $V_{\text{вх.м}}$  – об'єм вхідного матеріалу (пиломатеріалів, заготовок до оброблення), м<sup>3</sup>.

Норму витрати вхідного матеріалу (пиломатеріалів, заготовок до оброблення) на 1 м<sup>3</sup> заготовок після оброблення визначали за формулою:

$$H_{\text{вх.з}} = \frac{100}{P_{\text{вих.з}}} \cdot \text{м}^3/\text{м}^3 \quad (2)$$

Загальна витрата сухих обрізних пиломатеріалів на клеєні щити становитиме:

$$H_{\text{п.м}} = H_{\text{з}} \cdot H_{\text{чорн.ст}} \cdot H_{\text{опт}} \cdot \left( H_{\text{чист.ст.ц.з}} \cdot \frac{q_{\text{ц}}}{100} + H_{\text{зр.з}} \cdot H_{\text{чист.ст.зр.з}} \cdot \frac{q_{\text{зр}}}{100} \right) \cdot H_{\text{к.щ}} \cdot H_{\text{о.щ}}, \text{ м}^3/\text{м}^3, \quad (3)$$

де:  $H_{\text{з}}$  – норма витрати обрізних пиломатеріалів на пиляні ділянки деревини після їх поздовжнього розпилювання, м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>;  $H_{\text{чорн.ст}}$  – норма витрати пиляних ділянок деревини на ділянки деревини після чорнового стругання, м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>;  $H_{\text{опт}}$  – норма витрати струганих ділянок деревини після чорнового стругання на ділянки деревини, отримані після їхнього поперечного розпилювання з вирізанням вад на заготовки фіксованих довжин та різнодовжинних, м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>;  $H_{\text{чист.ст.ц.з}}$  – норма витрати заготовок фіксованих довжин, отриманих після поперечного розпилювання на заготовки після чистового стругання, м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>;  $H_{\text{зр.з}}$  – норма витрати різнодовжинних

заготовок на зрощені заготовки,  $\text{м}^3/\text{м}^3$ ;  $N_{\text{чист.ст.зр.з}}$  – норма витрати зрощених заготовок на чисто стругані зрощені заготовки,  $\text{м}^3/\text{м}^3$ ;  $N_{\text{к.щ}}$  – норма витрати клеєних щитів на калібрування щитів,  $\text{м}^3/\text{м}^3$ ;  $N_{\text{о.щ}}$  – норма витрати клеєних щитів на обрізання по периметру,  $\text{м}^3/\text{м}^3$ ;  $q_{\text{ц}}$ ,  $q_{\text{зр}}$  – відповідно частка заготовок цільних і зрощених у загальній кількості заготовок, %.

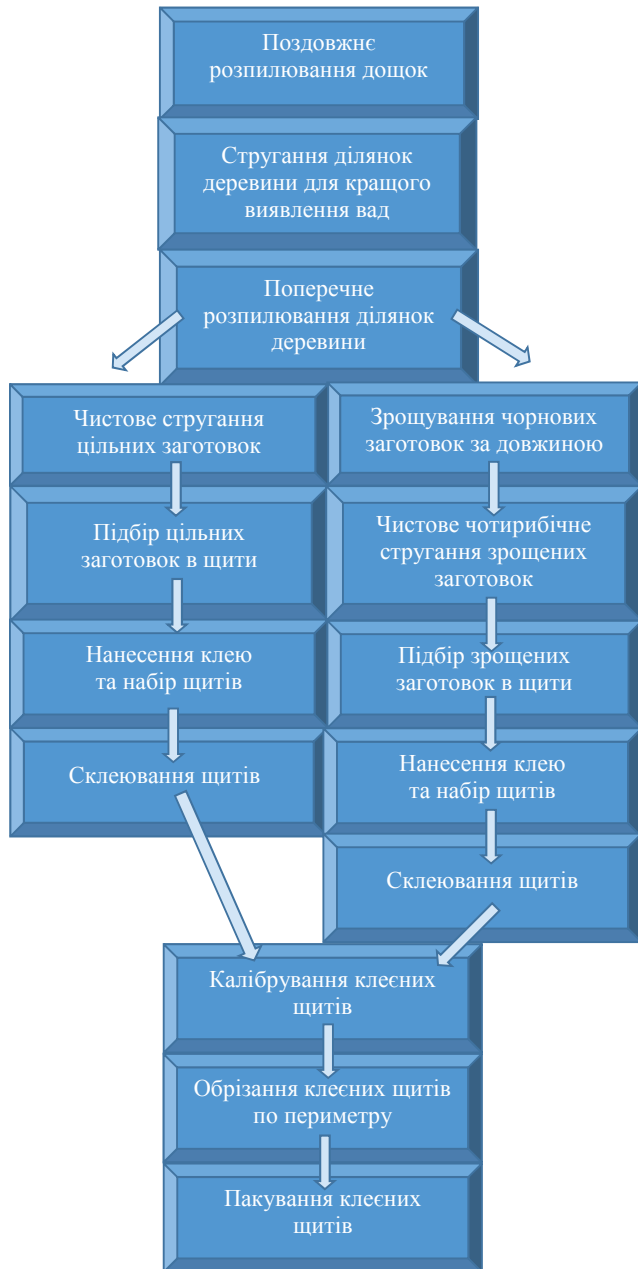


Рис. 1. Структурна схема технологічного процесу виготовлення клеєних щитів

Fig. 1. Block diagram of solid edge-glued panels production process

**Результати дослідження (Results).** Результати встановлення розмірів пиломатеріалів свідчать, що на переробку надійшли дошки таких усереднених розмірів: товщина 31 мм, ширина 175 мм, довжина 2150 мм. Пиломатеріалів сорту Q-FA виявле-

но 3,10%, Q-F1a – 7,88%, Q-F1b – 6,86%, Q-F2 – 13,83%, Q-F3 – 68,33% від загального об'єму досліджуваних пиломатеріалів.

Пиломатеріали за шириною розпилювали на дві заготовки завширшки 57 мм та одну заготовку завширшки 47 мм. Заготовки шириною 57 мм випилювали завдовжки 2050 мм, 1650 мм, 1450 мм, 1250 мм для клеєних щитів з цільних заготовок та різнодовжинні – для зрощення. Заготовки шириною 47 мм випилювали завдовжки 1450 мм для клеєних щитів з цільних заготовок та різнодовжинні – для зрощення.

У процесі експериментальних досліджень виготовлено 30,73% цільних і 69,27% зрощених заготовок від загальної кількості виготовлених ( $0,458926 \text{ м}^3$ ). Виготовлено також клеєних щитів розмірами  $20 \times 800 \times 1800 \text{ мм}$  – 7 шт.;  $20 \times 750 \times 1800 \text{ мм}$  – 3 шт. зі зрощених заготовок і розмірами  $20 \times 600 \times 1200 \text{ мм}$  – 2 шт.;  $20 \times 700 \times 1400 \text{ мм}$  – 2 шт.;  $20 \times 900 \times 1600 \text{ мм}$  – 1 шт.;  $20 \times 500 \times 2000 \text{ мм}$  – 1 шт. з цільних заготовок.

На підставі аналізу результатів експериментальних досліджень встановлено поопераційні витрати дубових сухих обрізних пиломатеріалів на  $1 \text{ м}^3$  для клеєних щитів з цільних і зрощених заготовок (табл.).

Встановлення кількості і виду відходів деревини має важливе значення для визначення шляхів їхнього використання. За досліджуваних умов вихід клеєних щитів від об'єму сухих обрізних пиломатеріалів становить 33,65%, з них 9,84% – з цільних і 23,81% – зі зрощених заготовок. У процесі перероблення сухих обрізних пиломатеріалів у клеєні щити значна частина деревини переводиться у стружку і кускові відходи (рис. 2).

**Дискусія (Discussion).** Особливістю досліджуваного технологічного процесу є чорнове стругання ділянок деревини після поздовжнього розпилювання сухих обрізних пиломатеріалів. Це дає змогу ефективніше ідентифікувати вади деревини, які недопустимі на поверхнях клеєних щитів згідно з EN 13017-2:2000, а, відповідно, зменшує ймовірність відбракування заготовок на подальших технологічних операціях.

Частка виходу струганих чорнових заготовок для клеєних щитів з дубових сухих обрізних пиломатеріалів становить 52,07%. Якщо перерахувати на об'єм неструганих (пиляних) заготовок, то частка виходу становитиме 71,90%. Відносно низька частка виходу зумовлена використанням пиломатеріалів в основному сорту Q-F3, в якому допускають низку вад (Мороз та ін., 2020), і які недопустимі у клеєних щитах (EN 13017-2:2000).

Після вирізання вад і дефектів оброблення, вплив на вихід заготовок має послідовність технологічних операцій та застосовуване обладнання. На етапі чистового стругання цільних заготовок відсоток виходу становить 82,29 від чорнових струганих заготовок заданих довжин.

**Таблиця. Поопераційні витрати дубових сухих обрізних пиломатеріалів на клеєні щити**  
**Table. Operating consumption of oak dry lumber for solid edge-glued panels**

| № з.п. | Технологічна операція                                                                                     | Позначення                | Витрата, м³/м³ |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|----------------|
| 1      | Поздовжнє розпилювання сухих обрізних пиломатеріалів                                                      | $H_z$                     | 1,093          |
| 2      | Чорнове стругання                                                                                         | $H_{\text{чорн.ст}}$      | 1,272          |
| 3      | Поперечне розпилювання ділянок деревини з вирізанням вад на заготовки фіксованих довжин та різнодовжинних | $H_{\text{опт}}$          | 1,381          |
| 4      | Чистове стругання заготовок фіксованих довжин                                                             | $H_{\text{чист.ст.ц.з}}$  | 1,215          |
| 5      | Зрошення заготовок                                                                                        | $H_{\text{зр.з}}$         | 1,037          |
| 6      | Чистове стругання зрошених заготовок                                                                      | $H_{\text{чист.ст.зр.з}}$ | 1,354          |
| 7      | Калібрування клеєних щитів                                                                                | $H_{\text{к.щ}}$          | 1,097          |
| 8      | Обрізання клеєних щитів по периметру                                                                      | $H_{\text{о.щ}}$          | 1,047          |
|        | Витрата дубових сухих обрізних пиломатеріалів на 1 м³ клеєних щитів товщиною 20 мм                        | $H_{\text{п.м}}$          | 2,970          |

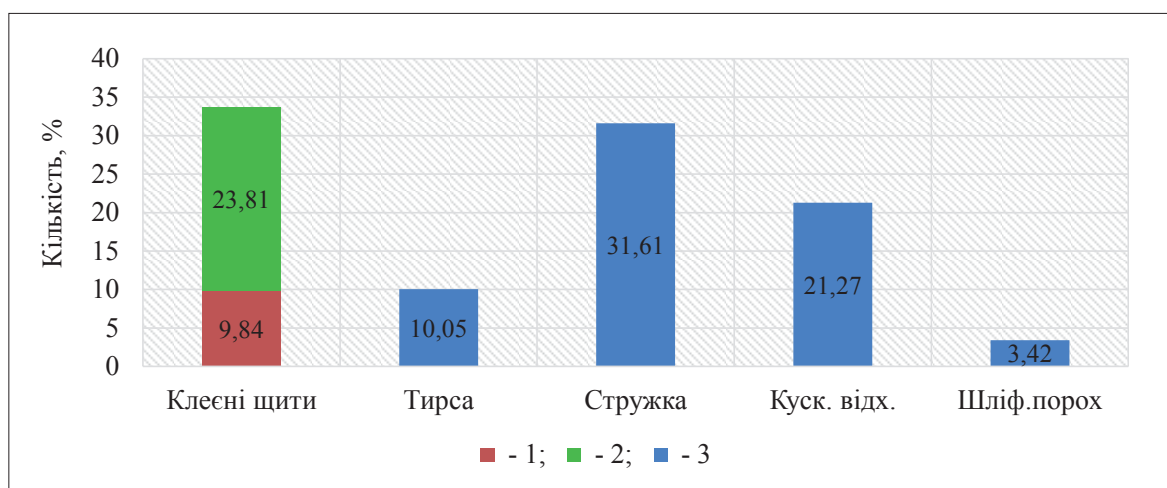


Рис. 2. Баланс деревини: 1 – відсоток виходу клеєних щитів з цільних заготовок; 2 – відсоток виходу клеєних щитів зі зрошених заготовок; 3 – відходи деревини

Fig. 2. Wood balance: 1 – yield percentage of solid edge-glued panels from solid billets; 2 – yield percentage of solid edge-glued panels from spliced billets; 3 – wood waste

Вихід зрошених струганих заготовок від чорнових струганих різнодовжинних заготовок становить 71,18%. Враховано фрезерування шипів на заготовках і чистове стругання зрошених заготовок.

Результати об'ємного виходу заготовок, випиляних поздовжньо-поперечним способом (з проміжним чорновим струганням після поздовжнього розпилювання) з дубових сухих обрізних пиломатеріалів узгоджуються з результатами інших дослідників (Коваль, Мазурчук, 2013; Марченко та ін., 2016; Маєвський та ін., 2019b) і знаходяться в межах 56-84%. Проте варто зазначити, що цей діапазон виходу заготовок передбачає розкрій дубових сирих необрізних пиломатеріалів на заго-

товки і без чорнового стругання, але використання перевідних коефіцієнтів дає змогу коректно порівнювати наведений вихід заготовок з виходом заготовок, випиляних поздовжньо-поперечним способом з дубових сухих обрізних пиломатеріалів.

Етап розпилювання пиломатеріалів на заготовки є найбільш варіабельним з погляду вхідних і вихідних факторів. Тому, незважаючи на низку проведених досліджень щодо об'ємного виходу заготовок із пиломатеріалів, існує потреба в уточненні даних для конкретних виробничих умов. Це дасть змогу в подальшому розробити нормативи витрати деревини у виробництві, зокрема і для виготовлення клеєних щитів.

Під час проведення експериментальних досліджень та обробки їхніх результатів отримано відсотки виходу, а, відповідно, і норми витрати деревини на технологічних етапах виготовлення клеєних щитів за досліджуваного технологічного процесу. Результати вивчення різних технологічних процесів з погляду витрати деревини дають змогу ефективно управляти виробництвом та оптимізувати виробничі процеси.

**Висновки (Conclusions).** За аналізом результатів експериментальних досліджень, пов'язаних із визначенням витрати дубових сухих обрізних пиломатеріалів на виготовлення клеєних щитів, встановлено поопераційні норми витрати деревини. Ці норми встановлено на таких етапах технологічного процесу – поздовжнє розпилювання сухих обрізних пиломатеріалів, чорнове стругання, поперечне розпилювання ділянок деревини із вирізанням вад на заготовки фіксованих довжин та різнодовжинних, чистове стругання заготовок фіксованих довжин, зрощення заготовок, чистове стругання зрощених заготовок, калібрування клеєних щитів та обрізання клеєних щитів по периметру.

Вихід клеєних щитів від об'єму сухих обрізних пиломатеріалів становить 33,65%, з них 9,84% клеєних щитів з цільних заготовок і 23,81% – зі зрощених заготовок за досліджуваних умов. Отже, витрата цих пиломатеріалів на виготовлення клеєних щитів становить 2,970 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>.

Визначені поопераційні витрати дубових сухих обрізних пиломатеріалів є важливою передумовою для розроблення науково-обґрунтованих норм витрати деревини у виробництві клеєних щитів, які можуть використовуватися для раціонального планування процесу виготовлення клеєних щитів, управління витратами та підвищення ефективності виробництва.

## Список літератури (References)

- ДСТУ EN 1309-1-2001 (2002). Лісоматеріали круглі та пиляні. Метод вимірювання розмірів. Частина 1. Пиломатеріали. Видання офіційне. Київ: Держстандарт України. [DSTU EN 1309-1-2001 (2002). Round and sawn timber. Method of measurement of dimensions. Part 1. Sawn timber. Edition is official. Kyiv: State standard of Ukraine] (in Ukrainian)
- Коваль, В.С., Мазурчук, С.М. (2013). Оптимізація процесу розкрою пиломатеріалів з урахуванням розмірно-якісної характеристики. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Техніка та енергетика АПК*, 185(2), 146-151. [Koval, V.S., & Mazurchuk, S.M. (2013). Optimisation of sawn timber cutting process taking into account dimensional and quality characteristics. *Scientific Bulletin of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Series: Technique and energy of the agro-industrial complex*, 185(2), 146-151. Retrieved from: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau\\_tech\\_2013\\_185%282%29\\_21](http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau_tech_2013_185%282%29_21)] (in Ukrainian)
- Кривик, О.О., Маєвський, В.О., Жмурко, С.В. (2012). Передумови поєднання різних порід деревини у клеєних щитах. *Науковий вісник НЛТУ України*, 22(11), 155-160. [Kryvyk, O.O., Mayevskyy, V.O., & Zhmurko, S.V. (2012). Prerequisites for combination of different wood species in glued boards. *Scientific Bulletin of the Ukrainian National Forestry University*, 22(11), 155-160. Retrieved from: [https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2012/22\\_11/index.htm](https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2012/22_11/index.htm)] (in Ukrainian)
- Маєвський, В.О., Копинець, З.П., Ковбасюк, В.М., Миськів, Є.М., Якуба, М.М. (2019а). Технологічні аспекти регулювання витрат деревинної сировини під час виготовлення віконних блоків з тришарового клеєного бруса. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 18, 208-216. [Mayevskyy, V., Kopynets, Z., Kovbasyuk, V., Myskiv, Ye., & Yakuba, M. (2019) Technological aspects of raw wood material consumption regulation in the manufacture of window units from three-layer glued bars. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 18, 208-216. <https://doi.org/10.15421/411922>] (in Ukrainian)
- Маєвський, В.О., Копинець, З.П., Ференц, О.Б., Миськів, Є.М., Федик, М.М. (2021). Оцінювання витрати букової пиловної сировини на виготовлення чорнових заготовок із заданими розмірно-якісними характеристиками. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 22, 227-234. [Mayevskyy, V., Kopynets, Z., Ferents, O., Myskiv, Ye., & Fedyk, M. (2021) Evaluating the beech log input in the rough blanks manufacture with specified dimensional and quality characteristics. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 22, 227-234. <https://doi.org/10.15421/412121>] (in Ukrainian)
- Маєвський, В.О., Копинець, З.П., Ференц, О.Б., Сторожук, В.М., Ленчик, О.Т. (2019б). Дослідження об'ємного виходу чорнових заготовок для клеєних щитів з пиломатеріалів. *Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем (КЗЯТПС – 2019): матеріали доповідей IX Міжнарод. наук.-практ. конф.*, Т. 1, 217-218. м. Чернігів, ЧНТУ. [Mayevskyy, V.O., Kopynets, Z.P., Ferents, O.B., Storozhuk, V.M., & Lentsyk, O.T. (2019). Investigation of the volumetric yield of rough blanks for glued laminated panels from lumber. *Integrated Quality Assurance of Technological Processes and Systems (QAQATS – 2019): materials of abstracts of the IX International Scientific and Practical Conference*, Issue 1, 217-218. Chernihiv, Chernihiv National Technical University. Retrieved from: <https://stu.cn.ua/wp-content/uploads/2021/04/tezy-2019-part-1work-version.pdf>] (in Ukrainian)
- Маєвський, В.О., Мацишин, Я.В., Миськів, Є.М. (2010). Особливості розкрою пиломатеріалів на радіальні та тангенціальні заготовки. *Науковий вісник НЛТУ України*, 20(15), 81-90. [Mayevskyy, V.O., Matsyshyn, Ya.V., & Myskiv, Ye.M. (2010). The features of sawn timber sawing into quarter

- and plain blanks. *Scientific Bulletin of the Ukrainian National Forestry University*, 20(15), 81-90. Retrieved from: [https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2010/20\\_15/index.htm](https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2010/20_15/index.htm) (in Ukrainian)
- Маєвський, В. О., Удовіцька, М. В. (2014). Основні напрями досліджень у виробництві клеєних щитових конструкцій з деревини із дотриманням текстурних особливостей. *Науковий вісник НЛТУ України*, 24(5), 150-155. [Majevskyy, V.O., & Udovyt'ska, M.V. (2014). Main Research Areas in the Field of the Wood Laminated Panel Constructions Production with Textural Features Compliance (2014). *Scientific Bulletin of the Ukrainian National Forestry University*, 24(5), 150-155. Retrieved from: [https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2014/24\\_5/index.htm](https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2014/24_5/index.htm)] (in Ukrainian)
- Марченко, Н. В., Мазурчук, С. М., Никитюк, П. А. (2016). Шляхи підвищення ефективності виготовлення заготовок, випиляних з деревини дуба. *Науковий вісник НЛТУ України*, 26(4), 283-290. [Marchenko, N.V., Mazurchuk, S.M., & Nikitiuk, P.A. (2016). On the Issue of the Ways of Increasing the Production Efficiency of Sawed Pieces of Oak Wood. *Scientific Bulletin of the Ukrainian National Forestry University*, 26(4), 283-290. <https://doi.org/10.15421/40260445>] (in Ukrainian)
- Мороз, Р. О., Маєвський, В. О., Копинець, З. П., Щупаківський, Р. Б., Миськів, Є. М. (2020). Оцінювання сортності пиломатеріалів, визначених за різними стандартами. *Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість: міжвідомчий науково-технічний збірник*, 46, 97-101. [Moroz, R.O., Mayevskyy, V.O., Kopynets, Z.P., Shchupakivskyy, R.B., & Myskiv, Ye.M. (2020). Evaluation of the quality of timber sorted according to different standards. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 46, 97-101. <https://doi.org/10.36930/42204611>] (in Ukrainian)
- Подібка, Т. І. (2018). Конструкції та технологічні аспекти меблевих щитів в нормативних документах. *Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість*, 44, 83-90. [Podibka, T.I. (2018). Constructions and technological aspects of furniture panels in regulatory documents. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 44, 83-90. <https://doi.org/10.36930/42184411>] (in Ukrainian)
- Charles, J., Gatchell, R., & Thomas, E. (1997). Within-Grade Quality Differences For 1 And 2a Common Lumber Affect Processing And Yields When Gang-Ripping Red Oak Lumber. *Forest Products Journal*, 47(10), 85-90.
- Dilik, T., Erdinler, S., & Kurtoglu, A. (2012). Edge Glued Wood Panel Technology and an Assessment on the Development of Edge Glued Wood Panel *American Journal of Applied Sciences*, 9(10), 1625-1635. Retrieved from: [https://www.researchgate.net/publication/272424404\\_Edge\\_Glued\\_Wood\\_Panel\\_Technology\\_and\\_an\\_Assessment\\_on\\_the\\_Development\\_of\\_Edge\\_Glued\\_Wood\\_Panel\\_Industry](https://www.researchgate.net/publication/272424404_Edge_Glued_Wood_Panel_Technology_and_an_Assessment_on_the_Development_of_Edge_Glued_Wood_Panel_Industry)
- EN 975-1:2009 – Sawed timber – Appearance grading of hardwoods – Part 1: Oak and beech. Retrieved from: <https://genorma.com/en/standards/en-975-1-2009>
- EN 1309-3:2018 – Round and sawed timber – Methods of measurements – Part 3: Features and biological degradations. Retrieved from: <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/cen/800dfb80-b50b-4f0a-8e8d-258724935b59/en-1309-3-2018>
- EN 13017-2:2000 – Solid wood panels – Classification by surface appearance – Part 2: Hardwood. Retrieved from: [https://standards.iteh.ai/catalog/standards/cen/9df588e7-9988-4eb3-b97f-558ec644a919/en-13017-2-2000?srsId=AfmBOoojMfM2dRYH4IAbAdjnCRg\\_vuTU3dTC1\\_rqGPlwKaWDFgtMS-gPX](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/cen/9df588e7-9988-4eb3-b97f-558ec644a919/en-13017-2-2000?srsId=AfmBOoojMfM2dRYH4IAbAdjnCRg_vuTU3dTC1_rqGPlwKaWDFgtMS-gPX)
- Malkoçoğlu, A., & Çakmak, A. (2017). Mobilya endüstrisinde kerestenin toleranslı ölçülendirilmesi ve kesim. *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, 6(3), 1074-1087. [Malkoçoğlu, A.; & Çakmak, A. (2017). Rough mill operations and cutting plans of. *Journal of Advanced Technology Sciences*, 6(3), 1074-1087. Retrieved from: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/380798>] (in Turkish)
- Mitchell, Ph.H.; Wiedenbeck, J., & Ammerman, B. (2005). Rough Mill Improvement Guide for Managers and Supervisors. Gen. Tech. Rep. NE-329. Newtown Square, PA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Research Station. 60 p.

### Determining dry oak lumber consumption for the production of solid edge-glued panels

V. Mayevskyy<sup>1</sup>, R. Moroz<sup>2</sup>, S. Kopynets<sup>3</sup>,  
O. Ferents<sup>4</sup>, R. Shchupakivskyy<sup>5</sup>, Ye. Myskiv<sup>6</sup>

Solid edge-glued panels of Ukrainian enterprises are manufactured both for sale on domestic and foreign markets, as well as for the production of their own products.

Determining the yield of billets, the type and amount of waste are significant from the point of view of the integrated use of wood, therefore it is important to study the operational consumption of wood at the technological stages of manufacturing solid edge-glued panels.

One of the variants for the technological process of manufacturing glued panels from solid and spliced billets from dry edged oak lumber is presented.

The experimental studies were carried out in production conditions, using equipment from leading manufacturers such as Weinig Vertrieb und Service GmbH & Co. KG (Germany), Conception R.P. Inc. (Canada), Viet Italia S.r.l. (Italy), Omga (Italy) etc.

During the experimental studies, an analysis was carried out of all stages of the technological process

of manufacturing glued panels from solid and spliced billets. Also, measurements of the size and quantity of billets were carried out to determine the consumption of raw materials at each production process stage.

During the experimental studies, sawn timber with a thickness of 31 mm, a width of 175 mm, a length of 2150 mm was processed with the following distribution by grade: Q-FA – 3.10%, Q-F1a – 7.88%, Q-F1b – 6.86%, Q-F2 – 13.83%, Q-F3 – 68.33% of their total volume.

In the course of the experimental studies the following quantity of solid edge-glued panels were manufactured with the following dimensions: 20×800×1,800 mm – 7 pcs.; 20×750×1,800 mm – 3 pcs. from spliced billets. 20×600×1,200 mm – 2 pcs.; 20×700×1,400 mm – 2 pcs.; 20×900×1,600 mm – 1 pc.; 20×500×2,000 mm – 1 pc. from solid billets.

The operating consumption of oak dry edged lumber per 1 m<sup>3</sup> of solid edge-glued panels from solid and spliced billets is as follows: lengthwise cutting of dry edged lumber – 1.093 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>; roughing planing – 1.272; cross-cutting of wood sections, with cutting out defects, into billets of fixed lengths and of different lengths – 1.381 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>; finishing planing of solid billets – 1.215 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>; splicing of billets (finger-joining of billets) – 1.037 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>; finishing planing of spliced billets (finger-joined billets) – 1.354 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>; calibration of glued panels – 1.097 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>; trimming of glued panels along the perimeter – 1.047 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>.

Under the studied conditions, the yield of solid edge-glued panels from the volume of dry edged lumber is 33.65%, of which 9.84% of glued panels are from solid billets and 23.81% are from spliced billets. The consumption of oak dry edged lumber to produce glued panels from solid and spliced billets under the studied conditions is 2,970 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>.

The determined operating consumption of oak dry edged lumber is an important prerequisite for deve-

loping science-based wood consumption standards in the production of glued panels, which can be used for rational planning of the process of manufacturing glued panels.

**Key words:** oak wood; operational consumption; production process; solid edge-glued panels from solid billets; solid edge-glued panels from spliced billets; billets; size; grade.

- <sup>1</sup> *Volodymyr Mayevskyy* – Doctor of Sciences, Professor, Director of Educational-Scientific Institute of Woodworking and Design, Professor at the Department of Saw-Milling, Joinery and Wooden Building Products. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. E-mail: volodymyr\_mayevskyy@nltu.edu.ua ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5820-9454>
- <sup>2</sup> *Rostislav Moroz* – PhD student at the Department of Saw-Milling, Joinery and Wooden Building Products. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. E-mail: rostislav.moroz@nltu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-7810-5542>
- <sup>3</sup> *Serhiy Kopynets* – PhD student at the Department of Saw-Milling, Joinery and Wooden Building Products. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. E-mail: kopynets.serhii@nltu.lviv.ua ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-6194-8309>
- <sup>4</sup> *Oleh Ferents* – PhD in Technical Sciences, associate Professor, Head of the Department of Saw-Milling, Joinery and Wooden Building Products. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. E-mail: oleh.ferents@nltu.edu.ua ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4322-3952>
- <sup>5</sup> *Roman Shchupakivskyy* – PhD in Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Saw-Milling, Joinery and Wooden Building Products. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. E-mail: roman.shchupakivskyy@nltu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5242-1267>
- <sup>6</sup> *Yevstakhii Myskiv* – PhD in Technical Sciences, Senior teacher at the Department of Saw-Milling, Joinery and Wooden Building Products. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. E-mail: myskivs@i.ua ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1762-4728>



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

<http://fasu.nltu.edu.ua>  
<https://doi.org/10.15421/412426>

Article received 2023.12.14  
Article accepted 2024.10.18

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 674-419.33:674.8

## Побудова математичної моделі міцності столярних плит різних конструкцій із вживаної деревини

С. В. Гайда<sup>1</sup>, Л. В. Медвідь<sup>2</sup>

Різні деревинні ресурси повинні раціонально та комплексно використовуватись, зокрема, деревинні залишки від різних стадій обробки первинної деревини – від лісозаготівлі до створення готових виробів. Також актуальним є питання перероблення вживаної деревини як додаткового резерву, яка у виробі вже втратила свої споживчі характеристики, однак яка, за правильного перероблення, мінімізує негативний вплив на довкілля. При цьому частково вирішується низка проблем, пов'язаних зі збільшення деревинних залишків і відходів та нагромадженням вживаної деревини на звалищах.

Підготовлено партію столярних плит із вживаної деревини (СП із ВЖД) сосни шляхом реалізації В-плану другого порядку, де змінними були ширина рейок тангентального та радіального розпилювання. Експериментальним шляхом встановлено межу міцності під час статичного згину для СП із ВЖД сосни та побудовано адекватну математичну (регресійну) модель залежно від почергового укладання радіальних ( $B_{рад}$ ) і тангентальних ( $B_{тан}$ ) рейок за шириною 32, 52 та 72 мм. Ширина рейок в конструкціях СП із ВЖД завтовшки 22 мм суттєво впливає на міцнісні характеристики щитів. Збільшення ширини від 32 до 72 мм під час визначення межі міцності при статичному згині призводить до зменшення показника для радіальних рейок – на 13,29-16,70%, для тангентальних – на 24,83-27,79%. Встановлено, що межа міцності під час статичного згину всіх СП із ВЖД сосни, незалежно від їхньої конструкції, задовольняє нормативні вимоги.

За результатами експериментальних досліджень, максимальне значення межі міцності під час статичного згину  $\sigma_u = 39,199$  МПа можна отримати, зафіксувавши розміри ширин рейок СП із ВЖД із сосни комбінованого укладання на рівні:  $B_{рад}(x_1) = 32$  мм,  $B_{тан}(x_2) = 32$  мм. Рекомендовано використовувати вживану деревину для виробництва столярних плит з перерізом рейок та відношенням не більшим як 1:5 за комбінованого укладання радіальних і тангентальних рейок, а за довільного укладання – за відношенням не більшим як 1:3.

Рекомендовано такі параметри для виробництва СП із ВЖД для рейок: вологість –  $8 \pm 2\%$ ; ширина у 3-5 разів більша, ніж товщина; розташування – радіальне або під кутом більше  $45^\circ$ ; личкування – фанерою завтовшки 3 мм; витрата клею для щита – 200-250 г/м<sup>2</sup>; витрата клею для личкування СП – 150-200 г/м<sup>2</sup>; температура вайми для щита – 85-90°C; температура пресу для СП – 115-125°C; час витримки під тиском для щита – 30-40 хв; час витримки під тиском для СП – 4-6 хв; тиск для щита – 0,5-1,0 МПа, для СП – 1,2-1,3 МПа. Відсортовані та випилані на відповідні поперечні розміри рейки із ВЖД різних деревних порід можуть бути використані для виготовлення клеєних щитових елементів, зокрема, столярної плити та меблевого щита.

**Ключові слова:** регресійна модель; міцність при статичному згині; міцність склеювання; технологія; перероблення; клеєні конструкції; меблевий щит; сосна звичайна; циркулярна економіка.

<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.: 032-258-31-75. E-mail: [serhiy.hayda@nltu.edu.ua](mailto:serhiy.hayda@nltu.edu.ua) ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7468-5661>

<sup>2</sup> Медвідь Любомир Володимирович – аспірант кафедри технологій меблів і виробів з деревини. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: 032-258-31-75. E-mail: [lyubomyr.medvid@nltu.edu.ua](mailto:lyubomyr.medvid@nltu.edu.ua) ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-6654-9348>

**Вступ (Introduction).** Використання вживаної деревини (ВЖД) має свої переваги і може бути вигідним у різних сферах життєдіяльності, включаючи будівництво, дизайн, виробництво конструкційних матеріалів і меблевих виробів. З іншого боку, перероблення ВЖД допоможе заощадити лісові ресурси та зменшити негативний вплив на навколишнє середовище, оскільки обсяги первинної деревини (ПД) можуть бути меншими (Ratajczak, & Szostak, 2003; Werner et al., 2010; Suominen et al., 2017; Медвідь, 2018, 2021; Titus et al., 2021; Лесів, Гайда, 2023). За результатами досліджень (Гайда, 2017a, 2017b; Gayda, & Kiyko, 2020b) ВЖД деяких деревних порід не поступається за фізико-механічними властивостями первинній деревині.

Перероблення ВЖД також є важливим елементом циркулярної економіки, що сприяє створенню сталої та ефективної моделі використання ресурсів. З цього напрямку досліджень існує низка наукових робіт (Дяк, Гайда, 2011; Bezama, 2016; Blomsma, & Brennan, 2017; Murray, Skene, & Haynes, 2017; Tuomasjukka, Athanassiadis, & Vis, 2017). Матеріальне застосування ВЖД дає змогу залучати цей додатковий ресурс для створення конструкційних виробів (Ratajczak, & Szostak, 2003; Reike, Vermeulen, & Witjes, 2018; Gayda, & Kiyko, 2020a; Гайда, Кійко, 2021). Проте перероблення ВЖД вимагає розвитку нових технологій та методів обробки, що, безперечно, може стимулювати інновації у цій галузі (Оріховський, Гайда, 2024; Петришак, Гайда, 2020). Крім того, впровадження процесів перероблення дасть змогу використовувати одну і ту ж деревину у виробництві декількох виробів, що збільшує ефективність використання ресурсів (Gayda, & Kiyko, 2020a; Медвідь, 2021; Лесів, Гайда, 2023). Перероблення ВЖД допомагає зменшити кількість відходів, що потрапляють на смітники, та сприяє їх подальшому використанню як відновлювального ресурсу.

Основна проблема під час перероблення ВЖД полягає в тому, що вона може бути забруднена шкідливими речовинами або матеріалами, які ускладнюють або роблять неможливим її перероблення на конструкційні щитові матеріали (Медвідь, 2018). У деяких випадках може бути недостатній попит на ВЖД, як сировинного ресурсу, відсутність відповідної інфраструктури і технології для її ефективного перероблення, що знижує їх економічну вигоду та можливість використання. Наприклад ВЖД, яку спрямовують для створення столярних плит, може вимагати спеціалізованого обладнання, що, відповідно, збільшить витрати на виробництво. Ці проблеми можуть бути вирішені шляхом застосування відповідних технологій, стратегій управління та дотримання вимог стандартів якості.

Стосовно ВЖД, то наукова спільнота активно досліджує та розробляє методи і технології її перероблення, зокрема, розроблення методів пере-

роблення ВЖД для створення нових дерев'яних композитних матеріалів з високими технічними характеристиками. Дослідження ВЖД у подрібненому вигляді, зокрема у виробництві деревинно-стружкових плит, подані та детально описані в окремих наукових працях (Gayda, & Maksymiv, 2010; Дяк, Гайда, 2011). Результати низки експериментальних досліджень підтверджують можливість використання ВЖД у виробництві столярних плит (Gayda, 2015, 2016; Gayda, & Kiyko, 2020b; Гайда, Кійко, 2018; Лесів, 2022; Медвідь, Гайда, 2023).

Інноваційні методи перероблення ВЖД у меблевому виробництві прослідковуються у працях науковців, які займалися залученням вживаної деревини для виготовлення гнутих заготовок (Грицак, Гайда, 2020), меблевих щитів (Білий, Гайда, 2016; Подібка, Кійко, 2019; Гайда, 2017b; Петришак, Гайда, Гуменюк, 2023) та іншої продукції з різними підготовчими і технологічними процесами (Войтович, Гайда, Оріховський, 2020; Гайда, Ільків, Савка, 2021; Гайда, Салапак, Лесів, 2021; Грицак та ін., 2023; Лесів, Гайда, Салапак, 2024).

Застосування ВЖД у будівельній і деревообробній галузях необхідно аналізувати з погляду технологічності та економічної доцільності, що зазначається в різних документах і проектах (Project “CircHive”, 2022; European Commission, 2015; Circularity Gap Report, 2022).

Аналіз наукових праць підтвердив актуальність цих питань, оскільки їх вирішення буде сприяти розвитку ефективних і сталих методів перероблення ВЖД та виробництву високоякісних виробів, необхідних для меблевого виробництва.

Підставою для оцінювання ВЖД, з огляду на безпеку довкілля, є її хімічний склад. В НЛТУ України розроблено Класифікатор ВЖД, згідно з яким всю ВЖД поділено на чотири категорії. Для матеріального використання придатна ВЖД першої та другої категорій. Із якісно очищеної ВЖД (старих меблевих і столярно-будівельних виробів) можна отримати бруски, рейки, а також технологічну тріску.

Відсировані та випиляні на відповідні поперечні розміри рейки із ВЖД різних порід можуть бути використані для виготовлення клеєних щитових елементів, зокрема, столярної плити та меблевого щита. Але відсутність технологічних рішень для запропонованої продукції та перевірених показників, зокрема на міцність, вимагають експериментальних досліджень. Тому, безперечно, розроблення практичних рекомендацій, що включають математичну модель міцності столярних плит різних конструкцій із ВЖД, є основою для швидкого впровадження цього додаткового ресурсу у технологічні процеси.

Виходячи із реалізації принципів циркулярної економіки, *актуальність досліджень* полягає у збереженні первинних деревинних ресурсів, зменшенні деревинних залишків і відходів, ство-

ренні конструкційних матеріалів, в уникненні нагромаджень ВЖД на звалищах, покращенні екологічної ситуації.

*Практичне значення роботи* полягає в отриманні закономірностей впливу ширини рейок з радіальних і тангентальних заготовок у столярних плитах на міцність при статичному згині, що дає змогу встановити раціональні схеми укладання рейок, застосовувати оптимальне співвідношення сторін у перерізі рейок для забезпечення найвищої якості в конструкціях плит.

**Об'єкти та методика досліджень (Objects and methods).** *Об'єкт досліджень* – звичайні столярні плити із ВЖД сосни звичайної. *Предмет досліджень* – закономірності впливу конструкцій звичайних столярних плит, личкованих фанерою із ВЖД радіального і тангентального укладання, на показники міцності при статичному згині. *Мета досліджень* полягає у побудові математичної моделі міцності столярних плит із вживаної деревини, що описує залежність від застосування комбінованого укладання тангентальних і радіальних рейок в конструкції.

Загальна методика досліджень включає: заготівлю; очищення та сортування; технологічні операції з виготовлення рейок із ВЖД сосни, столярних щитів, зразків; випробування для визначення показників міцності при статичному згині.

Матеріали для проведення досліджень – це заготовки ВЖД із сосни, клей ПВА компанії Jowat, фанера завтовшки 4 мм. Рейки виготовляли з поперечним розміром 20×32, 20×52, 20×72 мм. Після склеювання отримували калібровані столярні щити розміром 452×452×16 мм. Личковані фанерою столярні плити із ВЖД мали товщину 22 мм. Для вирішення завдань досліджень було використано план другого порядку, який дає змогу отримати математичний опис об'єкта у вигляді полінома другого порядку (квадратична модель).

Для двох змінних факторів кількість дослідів В-плану дорівнює  $N=2^2+2 \times 2=8$ . Оскільки, на основі пошукового експерименту встановлено, що в кожному досліді здійснено п'ять спостережень, то кількість спостережень в експерименті становить  $8 \times 5=40$ . Щоб уникнути систематичних поми-

лок, усі спостереження проводили за генерацією випадкових чисел.

На основі аналізу результатів досліджень з літературних джерел, практичного досвіду і теоретичного аналізу досліджень було вибрано область експерименту (табл. 1). Змінними факторами для столярних плит були різні ширини рейок із ВЖД – 32, 52, 72 мм радіальні ( $B_{\text{рад}}$ ) і тангентальні ( $B_{\text{тан}}$ ) для комбінованого укладання. Вихідним параметром було значення межі міцності звичайних столярних плит із ВЖД сосни при статичному згині.

Межу міцності столярної плити під час статичного згину визначали на сертифікованій випробувальній машині.

**Таблиця 1. Матриця В-плану для двох змінних факторів**

**Table 1. B-plan matrix for two variable factors**

| № дослідів         | Значення вхідних факторів у досліді |                  |                         |       |
|--------------------|-------------------------------------|------------------|-------------------------|-------|
|                    | У натуральному позначенні           |                  | У кодованому позначенні |       |
|                    | $B_{\text{рад}}$                    | $B_{\text{тан}}$ | $x_1$                   | $x_2$ |
| ПФП 2 <sup>k</sup> | 32                                  | 32               | -1                      | -1    |
|                    | 72                                  | 32               | 1                       | -1    |
|                    | 32                                  | 72               | -1                      | 1     |
|                    | 72                                  | 72               | 1                       | 1     |
| Зіркові точки      | 32                                  | 52               | -1                      | 0     |
|                    | 72                                  | 52               | 1                       | 0     |
|                    | 52                                  | 32               | 0                       | -1    |
|                    | 52                                  | 72               | 0                       | 1     |

**Результати (Results).** Згідно з методикою досліджень, було виготовлено експериментальні столярні плити із ВЖД сосни звичайної для подальшого дослідження та порівняльного аналізу (рис. 1). Отримані столярні плити, личковані фанерою з розмірами 452×452 мм, підлягали розкрою на зразки заданих розмірів для випробувань на межу міцності при статичному згині (рис. 2).



Рис. 1. Конструкції звичайної СП із ВЖД товщиною 22 мм з шириною рейок 32, 52 та 72 мм зі склеєними рейками та личкованих фанерою з двох боків товщиною 3 мм

Fig. 1. Designs of conventional PCW-made blockboards of 22 mm thick with a width of strips of 32, 52 and 72 mm of glued strips and veneer-faced on both sides with a thickness of 3 mm



Рис. 2. Випробуваний зразок зі столярним щитом із ВЖД сосни, що личкований фанерою в момент тестування  
Fig. 2. Test specimen with a block board made from a pine PCW which was faced with plywood at the time of testing (of breakage)

Результати експериментальних випробувань впливу ширини брусків на показники міцності при статичному згині звичайних столярних плит із ВЖД сосни представлено у табл. 2.

Дисперсію відтворюваності розраховуємо за формулою:

$$S_y^2 = \frac{\sum_{j=1}^N S_j^2}{N}; \quad (1)$$

Підставивши дані у формулу 1, отримаємо значення дисперсії відтворюваності:  $S_y^2 = 11,7648/8 = 1,474$ . Для визначення коефіцієнтів рівняння було використано відомі методики статистичної обробки даних і розраховано коефіцієнти рівняння регресії з перевіркою на їх значимість (табл. 3).

Для дисперсії адекватності (табл. 4):

$$\sum_{j=1}^8 (\bar{y}_j - y_j^p)^2 \quad (2)$$

Визначаємо дисперсію адекватності:

$$S_{ad}^2 = \frac{n}{f_{ad}} \sum_{j=1}^N (\bar{y}_j - y_j^p)^2 \quad (3)$$

$$S_{ad}^2 = 5/(8-7) \times 2,9562 = 14,7881.$$

Розрахункове значення критерію Фішера:

$$F_{розр} = \frac{S_{більша}^2}{S_{менша}^2} = \frac{S_{ad}^2}{S_y^2} \quad (4)$$

Підставивши дані у формулу 4, отримаємо розрахункове значення критерію Фішера:  $F_{розр} = 14,7881 / 1,474 = 10,027$ . Табличне значення критерію Фішера  $F_{табл}$ , яке залежить від рівня значи-

мості  $q = 5\%$ , числа ступенів вільності дисперсії адекватності  $f_{ad} = 8-7 = 1$  та числа належних оцінок дисперсії відтворюваності  $f_y = 8*(5-1) = 32$  становитиме:  $F_{табл} = 252$ .

Оскільки,  $10,027 < 252$  ( $F_{розр} < F_{табл}$ ), то регресійна модель адекватна.

За результатами оброблення даних експерименту отримано рівняння регресії другого порядку, яке описує залежність межі міцності під час статичного згину  $\sigma_u$  від ширини структурних елементів, тобто ширини соснових рейок (радіал)  $B_{рад}$  ( $x_1$ ) і (тангентал)  $B_{тан}$  ( $x_2$ ).

Одержана математична модель – рівняння регресії в нормалізованих значеннях змінних факторів має вигляд:

$$y = 31,205 - 2,533x_1 - 4,795x_2 - 0,066x_1^2 + 0,66x_2^2 + 0,072x_1x_2.$$

Запис математичної моделі – рівняння регресії в натуральних значеннях змінних факторів має такий вигляд:

$$\sigma_u = 54,863 - 0,1166B_{рад} - 0,4272B_{тан} - 0,0002B_{рад}^2 + 0,0017B_{тан}^2 + 0,0002B_{рад}B_{тан}.$$

Отже, ширина рейок в конструкції СП із ВЖД сосни суттєво впливає на межу міцності під час статичного згину  $\sigma_u$ . Обидва змінних фактори впливають обернено пропорційно. Найбільше на межу міцності під час статичного згину  $\sigma_u$  СП із ВЖД сосни з почерговим укладанням за кутом нахилу річних шарів радіальних (кут нахилу річних кілець у поперечному перерізі брусків 61-90°) і тангентальних (кут нахилу річних кілець у поперечному перерізі брусків 1-30°) впливає дру-

гий фактор  $B_{\text{тан}}(x_2)$ , тобто ширина тангентальних рейок. Вплив другого фактору на межі міцнос- ті під час статичного згину  $\sigma_u$ , порівняно з пер- шим (радіал)  $B_{\text{рад}}(x_1)$ , є в 3,7 (0,4272 / 0,1166) рази більшим. Графічну інтерпретацію залежностей зображено на рис. 3, 4.

Таблиця 2. Розрахунок середніх значень та дисперсії  
 Table 2. Calculation of mean values and dispersion

| №    | Результати $y_{ij}$ показника міцності при статичному згині конструкцій СП із ВЖД сосни, МПа |          |          |          |          | Середнє значення в $j$ -ій вибірці | Дисперсія в $j$ -ій вибірці |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|----------|----------|------------------------------------|-----------------------------|
|      | $y_{1j}$                                                                                     | $y_{2j}$ | $y_{3j}$ | $y_{4j}$ | $y_{5j}$ |                                    |                             |
| 1.   | 37,414                                                                                       | 36,937   | 41,032   | 39,293   | 37,932   | 38,522                             | 2,7460                      |
| 2.   | 33,172                                                                                       | 33,321   | 35,460   | 35,139   | 33,778   | 34,174                             | 1,1182                      |
| 3.   | 29,026                                                                                       | 28,113   | 32,837   | 29,938   | 28,477   | 29,278                             | 1,2327                      |
| 4.   | 24,861                                                                                       | 24,251   | 26,549   | 25,689   | 24,752   | 25,220                             | 0,8185                      |
| 5.   | 34,028                                                                                       | 33,125   | 36,255   | 35,327   | 33,933   | 34,534                             | 1,5482                      |
| 6.   | 27,424                                                                                       | 26,961   | 29,516   | 28,445   | 26,373   | 27,744                             | 1,5560                      |
| 7.   | 36,518                                                                                       | 35,969   | 39,162   | 37,854   | 36,255   | 37,152                             | 1,7845                      |
| 8.   | 26,123                                                                                       | 25,605   | 28,053   | 27,060   | 26,049   | 26,578                             | 0,9607                      |
| Сума |                                                                                              |          |          |          |          | 253,20                             | 11,7648                     |

Таблиця 3. Розрахунок коефіцієнтів регресії математичної моделі  
 Table 3. Calculation of regression coefficients of the mathematical model

| Коефіцієнт | Величина коефіцієнта | $t(q, f_y) S\{b_i\}$ | Висновок | Межі достовірного інтервалу      |                                  |
|------------|----------------------|----------------------|----------|----------------------------------|----------------------------------|
|            |                      |                      |          | $b_i - t_{\text{табл}} S\{b_i\}$ | $b_i + t_{\text{табл}} S\{b_i\}$ |
| $b_0$      | 31,205               | 1,237                | знач.    | 29,97                            | 32,44                            |
| $b_1$      | -2,533               | 0,452                | знач.    | -2,98                            | -2,08                            |
| $b_2$      | -4,795               | 0,452                | знач.    | -5,25                            | -4,34                            |
| $b_{11}$   | -0,066               | 0,958                | незнач.  | -1,02                            | 0,89                             |
| $b_{22}$   | 0,660                | 0,958                | незнач.  | -0,32                            | 1,62                             |
| $b_{12}$   | 0,072                | 0,553                | незнач.  | -0,48                            | 0,63                             |

Таблиця 4. Розрахунок дисперсії адекватності  
 Table 4. Calculation of the dispersion of adequacy

| № досліду | $\bar{y}_j$ | $y_j^p$ | $(\bar{y}_j - y_j^p)^2$ |
|-----------|-------------|---------|-------------------------|
| 1         | 38,52       | 39,20   | 0,4584                  |
| 2         | 34,17       | 33,99   | 0,0343                  |
| 3         | 29,28       | 29,46   | 0,0343                  |
| 4         | 25,22       | 24,54   | 0,4584                  |
| 5         | 34,53       | 33,67   | 0,7436                  |
| 6         | 27,74       | 28,61   | 0,7436                  |
| 7         | 37,15       | 36,66   | 0,2418                  |
| 8         | 26,58       | 27,07   | 0,2418                  |
| Сума      |             |         | 2,9562                  |

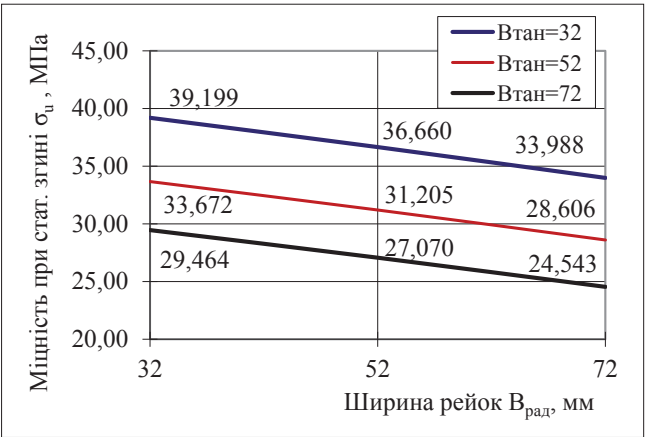


Рис. 3. Залежність межі міцності під час статичного згину  $\sigma_u$  від ширини радіальної рейки  $B_{\text{рад}}(x_1)$  в конструкції столярної плити з деревини сосни  
 Fig. 3. Dependence of the strength limit during static bending  $\sigma_u$  on the width of the radial strips  $B_{\text{рад}}(x_1)$  in the designs of a pine PCW-made blockboards

За даними рис. 3, збільшення ширини соснової рейки (радіал)  $B_{\text{рад}}(x_1)$  в конструкції СП із ВЖД не призводить до суттєвого зменшення межі міцності під час статичного згину  $\sigma_u$ . Натомість, тенденція щодо залежності впливу ширини соснової рейки (тангентал)  $B_{\text{тан}}(x_2)$  на зменшення межі міцності під час статичного згину  $\sigma_u$  є суттєвою (див. рис. 4). Межі міцності  $\sigma_u$  (15 МПа) для всіх зразків експериментальних СП задовольняють вимоги стандарту ДСТУ 13715:1978.

За результатами експерименту здійснено оптимізацію ширини рейок за допомогою градієнтного методу. Встановлено, що максимальне значення межі міцності під час статичного згину  $\sigma_u = 39,199$  МПа, взяте за абсолютною величиною, можна отримати, зафіксувавши розмірні параметри ширини соснових рейок СП із ВЖД комбінованого укладання: (радіал)  $B_{\text{рад}}(x_1) = 32$  мм; (тангентал)  $B_{\text{тан}}(x_2) = 32$  мм (рис. 5).

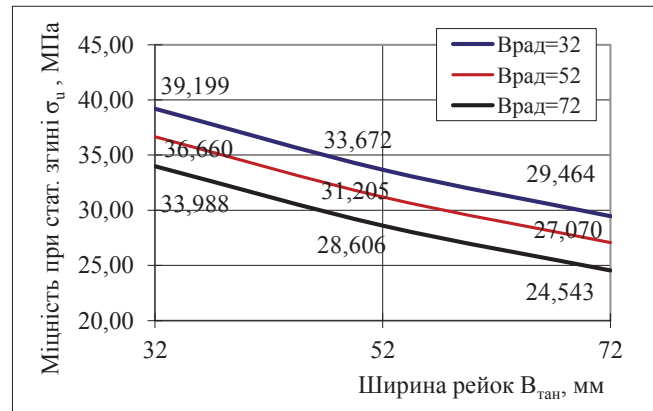


Рис. 4. Залежність межі міцності під час статичного згину  $\sigma_u$  від ширини тангентальної рейки  $B_{\text{тан}}(x_2)$  в конструкції столярної плити з деревини сосни

Fig. 4. Dependence of the strength limit during static bending  $\sigma_u$  on the width of the tangential strips  $B_{\text{тан}}(x_2)$  in the designs of a pine PCW-made blockboards

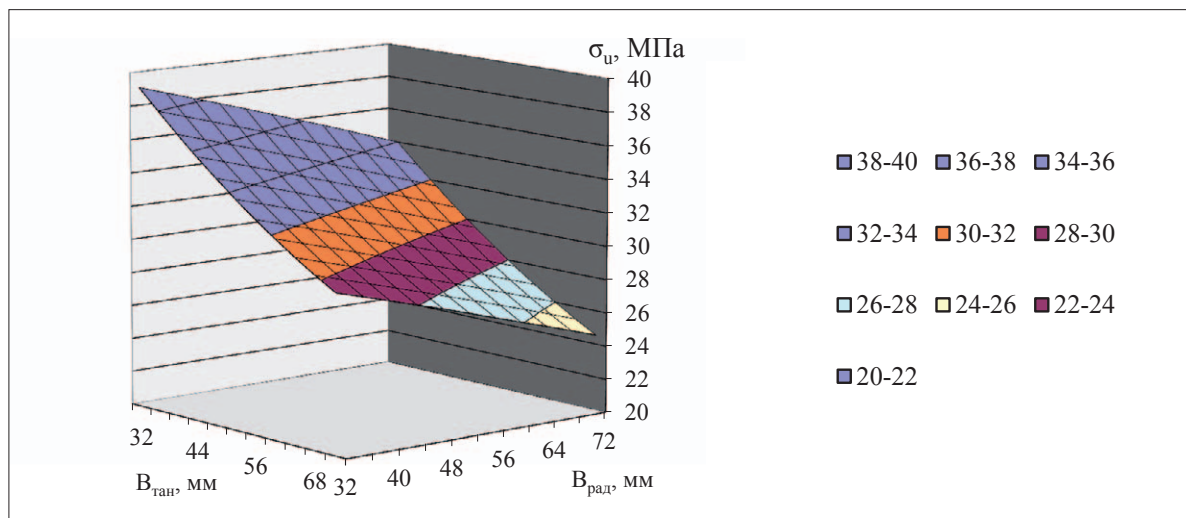


Рис. 5. Графічна залежність  $\sigma_u = f(B_{\text{рад}}(x_1), B_{\text{тан}}(x_2))$

Fig. 5. Graphical dependence  $\sigma_u = f(B_{\text{рад}}(x_1), B_{\text{тан}}(x_2))$

**Дискусія (Discussion).** В Україні на сьогодні існує проблема сировинних ресурсів, зокрема комплексного використання деревини. Потенційним джерелом деревинної сировини є різні деревинні відходи, зокрема, вживана деревина. Запропоновано використовувати у технологічних процесах деревообробки очищену ВЖД у масивному вигляді – для виробництва заготовок і столярної плити.

Методом почергового укладання рейок тангентального та радіального розпилювання з ширинами 32, 52 та 72 мм було отримано різні конструкції столярних плит із вживаної деревини сосни звичайної. Експериментальним шляхом визначено межу міцності під час статичного згину для СП із ВЖД сосни та побудовано математичну (регресійну) модель залежно від почергового укладання радіальних ( $B_{\text{рад}}$ ) і тангентальних ( $B_{\text{тан}}$ ) рейок ширинами 32, 52 та 72 мм. Отримана модель є адекватною, а, отже, може бути використана для опису об'єкта дослідження. Встановлено, що ширина

рейок у конструкціях СП із ВЖД завтовшки 22 мм суттєво впливає на міцнісні характеристики щитів. При цьому межа міцності під час статичного згину всіх СП із ВЖД сосни, не залежно від їхньої конструкції, задовольняє нормативні вимоги. Визначено, що максимальне значення межі міцності під час статичного згину  $\sigma_u = 39,199$  МПа можна отримати, зафіксувавши розміри ширин рейок СП із ВЖД із сосни комбінованого укладання на рівні:  $B_{\text{рад}}(x_1) = 32$  мм,  $B_{\text{тан}}(x_2) = 32$  мм. Крім того, отримані результати міцності СП із ВЖД на статичний згин були порівняні з результатами досліджень, викладених в інших наукових працях, присвячених використанню вживаної деревини для створення щитових конструкційних матеріалів.

Питання ширини рейок є дискусійним і на сьогодні. За даними дослідників (Кривик, Масевський, 2011), найбільший вплив має геометрія рейок, тобто поперечні розміри (відношення між шириною і товщиною) та вид підготовлених рейок, який

характеризується кутом нахилу річних кілець до пласти майбутнього щитового виробу. Так, науковці під час дослідження клеєних щитів із деревини дуба для виготовлення тахель фасадних поверхонь рекомендують використовувати рейки завширшки 40 мм за кута нахилу  $68^\circ$ , а у випадку використання лише радіальних рейок максимальна ширина може становити 67,9 мм. Також запропоновано (Кривик, Маєвський, 2011) використовувати співвідношення сторін у поперечному перерізі рейок як 1:3 із середнім кутом нахилу  $45^\circ$ . Згідно з нормативними вимогами для СП типу СР із склеєних рейок, ширина брусків з первинної деревини повинна бути не більше 40 мм для звичайної, і 20 мм – для підвищеної точності. За стандартом ДСТУ DIN 68705-2:2014-10, ширина рейок повинна бути меншою 30 мм. У виробничій діяльності трапляється використання рейок від 40 до 80 мм.

Підбір характеристик рейок для звичайних СП із ВЖД є визначальним для розроблення конструкцій, прогнозування фізико-механічних показників СП із ВЖД, дає змогу встановити раціональні схеми укладання рейок, застосовувати оптимальне співвідношення сторін у перерізі рейок для конструкцій плит. Встановлено, що збільшення ширини від 32 до 72 мм під час визначення межі міцності при статичному згині призводить до зменшення показника міцності для радіальних рейок – на 13,29-16,70, а для тангентальних – на 24,83-27,79%.

Рекомендовано використовувати вживану деревину для виробництва столярних плит з перерізом рейок у співвідношенні не більшим як 1:5 при комбінованому укладанні радіальних і тангентальних рейок, а при довільному укладанні – у відношенні не більшим як 1:3. Розроблено практичні рекомендації для виробництва СП із ВЖД: вологість рейок –  $8 \pm 2\%$ ; ширина – у 3-5 разів більша, ніж товщина; розташування рейок – радіальне або під кутом більше  $45^\circ$ ; личкування – фанерою завтовшки 3 мм; витрата клею для щита – 200-250 г/м<sup>2</sup>; витрата клею для личкування СП – 150-200 г/м<sup>2</sup>; температура ваими для щита – 85-90°C; температура пресу для СП – 115-125°C; час витримки під тиском для щита – 30-40 хв; час витримки під тиском для СП – 4-6 хв; тиск для щита – 0,5-1,0 МПа, для СП – 1,2-1,3 МПа.

Результати досліджень підтверджують доцільність використання вживаної деревини для виготовлення столярних плит, але для отримання високих показників міцності необхідно дотримуватись запропонованих практичних рекомендацій.

**Висновки (Conclusions).** Будь-які деревинні ресурси повинні використовуватись раціонально і комплексно, зокрема залишки від різних стадій обробки первинної деревини – від лісозаготівлі до створення готових виробів. На сьогодні дуже актуально постало питання перероблення вживаної деревини як додаткового ресурсу, яка у виробках вже втратила свої споживчі характеристики, і яка, за правильного перероблення, мінімізує негативний

вплив на довкілля. Підготовлено партію столярних плит із вживаної деревини (СП із ВЖД) сосни звичайної шляхом реалізації В-плану другого порядку, де змінними є ширина рейок тангентального та радіального розпилювання.

Визначено експериментальним шляхом межу міцності під час статичного згину для СП із ВЖД сосни та побудовано адекватну математичну (регресійну) модель залежно від почергового укладання радіальних ( $B_{\text{рад}}$ ) і тангентальних ( $B_{\text{тан}}$ ) рейок завширшки 32, 52 та 72 мм. Ширина рейок в конструкціях СП із ВЖД товщиною 22 мм суттєво впливає на міцнісні характеристики щитів.

Збільшення ширини рейок від 32 до 72 мм під час визначення межі міцності при статичному згині призводить до зменшення показника для радіальних рейок на 13,29-16,70, а для тангентальних – на 24,83-27,79%. Межа міцності під час статичного згину всіх СП із ВЖД сосни, незалежно від їхньої конструкції, задовольняє нормативні вимоги. Максимальне значення межі міцності під час статичного згину  $\sigma_u = 39,199$  МПа можна отримати, зафіксувавши розміри ширин рейок СП із ВЖД із сосни комбінованого укладання на рівні:  $B_{\text{рад}}(x_1) = 32$  мм,  $B_{\text{тан}}(x_2) = 32$  мм.

Рекомендовано використовувати вживану деревину для виробництва столярних плит з перерізом рейок у співвідношенні не більшим як 1:5 при комбінованому укладанні радіальних і тангентальних рейок в конструкцію столярної плити, а при довільному укладанні – у відношенні не більшим ніж 1:3.

## Список літератури (References)

- Білий, Я. М., Гайда, С. В. (2016). Дослідження формостійкості клеєних щитів із вживаної деревини. *Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість*, 42, 69-79. [Bilyy, Ya. M., & Gayda, S. V. (2016). The investigation of the shape stability of glued panels made of post-consumer wood. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 42, 69-79. <https://doi.org/10.36930/42164211>] (in Ukrainian)
- Войтович, І. Г., Гайда, С. В., Оріховський, Р. Я. (2020). Дослідження технологічних процесів виготовлення ніжок столів обідніх різних конструкцій. *Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість*, 46, 36-49. [Voytovych, I. G., Gayda, S. V., & Orikhovskyy, R. Ya. (2020). Research of technological processes of production of legs of tables of various designs. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 46, 36-49. <https://doi.org/10.36930/42204604>] (in Ukrainian)
- Гайда, С. В. (2017а). 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. (2017b). Технологии и свойства мебельного щита из вторично используемой древесины. *Актуальные проблемы лесного комплекса*, 48, 34-38. [Gayda, S.V. (2017). A technology and properties of furniture board (FB) made of post-consumer wood (PCW). *Actual problems of forest complex*, 48, 34-38] (in Russian)
- Гайда, С.В., Ільків, М.М., Савка, Д.Б. (2021). Дослідження технологічних процесів виготовлення меблевих фасадів з масивної деревини. *Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість*, 47, 22-33. [Gayda, S.V., Ilkiv, M.M., & Savka, D.B. (2021). Research of technological processes of manufacture of meble facades from solid wood. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 47, 22-33. <https://doi.org/10.36930/42214703>] (in Ukrainian)
- Гайда, С.В., Кійко, О.А. (2018). Формостійкість як критерій якості столярних плит із вживаної 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)
- Гайда, С.В., Кійко, О.А. (2021). Властивості вживаної деревини як важливий чинник якості конструкційних матеріалів. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 23, 152-162. [Gayda, S.V., & Kiyko, O.A. (2021). Properties of used wood as a determining factor in the quality of furniture products. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 23, 152-162. <https://doi.org/10.15421/412135>] (in Ukrainian)
- Гайда, С.В., Салапак, Л.В., Лесів, Л.Е. (2021). Визначення ефективного технологічного процесу виготовлення різних опорних елементів для функціональних площин. *Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість*, 47, 58-72. [Gayda, S.V., Salapak, L.V., & Lesiv, L.E. (2021). Determination of an efficient technological process of manufacturing various support elements for functional surfaces. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 47, 58-72. <https://doi.org/10.36930/42214708>] (in Ukrainian)
- Грицак, С.А., Гайда, С.В. (2020). Порівняльний аналіз фізико-механічних характеристик гнутих елементів із різних порід дерев. *Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість*, 46, 16-27. [Grytsak, S.A., & Gayda, S.V. (2020). Comparative analysis of physical and mechanical characteristics of bent elements from different tree species. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 46, 16-27. <https://doi.org/10.36930/42204602>] (in Ukrainian)
- Грицак, С.А., Гайда, С.В., Кушпін, А.С., Салапак, Л.В. (2023). Аналіз ефективності конструктивних та технологічних рішень у виробництві складальних одиниць гратчастих меблевих виробів. *Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість*, 49, 61-72. [Grytsak, S.A., Gayda, S.V., Kushpit, A.S., & Salapak, L.V. (2023). Analysis of structures and technologies of manufacture of modern furniture facades. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 49, 61-72. <https://doi.org/10.36930/42234905>] (in Ukrainian)
- Дяк, Т.П., Гайда, С.В. (2011). Аналіз економічної ефективності використання вживаної деревини для виробництва деревинно-стружкових плит для ТОВ «Свиспан Лімітед». *Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість*, 37(2), 129-136. [Dyak, T.P., & Gayda, S.V. (2011). The analysis of economic efficiency of post-consumer wood use for particleboard manufacture for LLC Swisspan Limited. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 37(2), 129-136. <https://doi.org/10.36930/421137221>] (in Ukrainian)
- Кривик, О.О., Маєвський, В.О. (2011). Динаміка зміни формостійкості щитів клеєних з поєднанням різних порід деревини. *Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість*, 37.1, 30-33. [Kryvyk, O.O., & Mayevskyy, V.O. (2011). Dynamics of shape stability change for glued panels with a combination of different wood species. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 37.1, 30-33. Retrieved from <https://forest-woodworking.nltu.edu.ua/index.php/journal/article/view/156>] (in Ukrainian)
- Лесів, Л.Е. (2022). Дослідження характеристик комбінованих столярних плит із вживаної деревини. *Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість*, 48, 69-86. [Lesiv, L.E. (2020). Study of the characteristics of combined of blockboards made of post-consumer wood. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 48, 69-86. <https://doi.org/10.36930/42224806>] (in Ukrainian)
- Лесів, Л.Е., Гайда, С.В. (2023). Математична модель прогнозування обсягів утворення вживаної деревини. *Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість*, 49, 33-47. [Lesiv, L.E., & Gayda, S.V. (2023). Mathematical model of forecasting volumes of post-consumer wood production. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 49, 33-47. <https://doi.org/10.36930/42234903>] (in Ukrainian)
- Лесів, Л.Е., Гайда, С.В., Салапак, Л.В. (2024). Розроблення математичної моделі міцності з'єднаних заготовок із вживаної деревини ялиці. *Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість*, 50, 16-28. [Lesiv, L.E., Gayda, S.V., & Salapak, L.V. (2024). Development of a mathematical model of the strength of joined preparations from post-consumer fir wood. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 50, 16-28. <https://doi.org/10.36930/42245002>] (in Ukrainian)
- Медвідь, Л.В. (2018). Систематизація деревинних відходів – основа їх ефективного використання. *Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість*, 44, 91-104. [Medvid, L.V. (2018). Systematization of wood waste – the basis of their effective use. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 44, 91-104. <https://doi.org/10.36930/42184412>] (in Ukrainian)
- Медвідь, Л.В. (2021). Вживана деревина – додатковий резерв сировини для конструкційних ма-

- теріалів. *Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість*, 47, 34-46. [Medvid, L.V. (2021). Post-consumer wood – an additional reserve of raw materials for construction materials. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 47, 34-46. <https://doi.org/10.36930/42214706>] (in Ukrainian)
- Медвідь, Л.В., Гайда, С.В. (2023). Визначення показників міцності звичайних столярних плит із вживаної деревини. *Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість*, 49, 85-98. [Medvid, L.V., & Gayda, S.V. (2023). Determination of the strength indicators of normal blockboard made of post-consumer wood. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 49, 85-98. <https://doi.org/10.36930/42234907>] (in Ukrainian)
- Ориховський, Р.Я., Гайда, С.В. (2024). Оцінювання ефективності використання робочого часу в автоматизованих виробничих системах деревообробного виробництва. *Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість*, 50, 41-51. [Orikhovskyy, R.Ya., & Gayda, S.V. (2024). Determination of running time losses in automated processing systems of wood-working. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 50, 41-51. <https://doi.org/10.36930/42245004>] (in Ukrainian)
- Петришак, І.В., Гайда, С.В. (2020). Дослідження впливу породи та режимів шліфування на питому продуктивність шліфувальної шкурки. *Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість*, 46, 5-15. [Petryshak, I.V., & Gayda, S.V. (2020). Study of the influence of breed and grinding modes on the specific productivity of grinding skin. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 46, 5-15. <https://doi.org/10.36930/42204601>] (in Ukrainian)
- Петришак, І.В., Гайда, С.В., Гуменюк, Ж.Я. (2023). Встановлення впливу режимів шліфування на різнотовщинність меблевих щитів. *Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість*, 49, 20-32. [Petryshak, I.V., Gayda, S.V., & Humeniuk, Zh.Ya. (2023). Establishing the influence of grinding modes on different thicknesses of furniture panels. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 49, 20-32. <https://doi.org/10.36930/42234902>] (in Ukrainian)
- Подібка, Т.І., Кійко, О.А. (2019). Дослідження впливу поперечних розмірів букових рейок на формостійкість меблевих щитів. *Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість*, 45, 155-171. [Podibka, T.I., & Kiyko, O.A. (2019). A study of the influence of the transverse dimensions of beech of strips on the form of stability of furniture board. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 45, 155-171. <https://doi.org/10.36930/42194521>] (in Ukrainian)
- Bezama, A. (2016). Let us discuss how cascading can help implement the circular economy and the bio-economy strategies. *Waste Management & Research*, 34, 593-594. <https://doi.org/10.1177/0734242X16657973>
- Blomsma, F., & Brennan, G. (2017). The emergence of circular economy: a new framing around prolonging resource productivity. *Journal of Industrial Ecology*, 21, 603-614. <https://doi.org/10.1111/jiec.12603>
- Circularity Gap Report (2022). Five years of analysis by Circle Economy [https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/1.\\_report\\_cgr\\_global\\_2022](https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/1._report_cgr_global_2022)
- DIN 68725-2:2014-10 Plywood – Part 2: Blockboard and laminboard for general use. Germany. (in Deutsch)
- European Commission (2015). Closing the Loop – an Action Plan for the Circular Economy. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Brussels. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Gayda, S.V. (2015). Modeling properties of blockboards made of post-consumer wood on the basis of the finite element method. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 41, 39-49. <https://doi.org/10.36930/42154106>
- Gayda, S.V. (2016). Research on physical and mechanical characteristics of front blockboards made from post-consumer wood. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 42, 33-50. <https://doi.org/10.36930/42164206>
- 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-consumer wood. *Poznan: Drewno*, 63(206), 77-102. <https://doi.org/10.12841/wood.1644-3985.352.10>
- Gayda, S.V., & Maksymiv, V.M. (2010). From recycled post-consumer wood towards prime quality particleboard. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 36, 57-77. <https://doi.org/10.36930/42103610>
- Murray, A., Skene, K., & Haynes, K. (2017). The circular economy: an interdisciplinary exploration of the concept and application in a global context. *Journal of Business Ethics*, 140(3), 369-380. <https://doi.org/10.1007/s10551-015-2693-2>
- Project “CircHive – Developing & piloting biodiversity footprinting & natural capital accounting via a ‘beehive’ of sectoral hubs, for sustainable transition to a circular EU bioeconomy”. Project Schedule: Start Date 01.12.2022 End Date 30.11.2027.
- Ratajczak, E., & Szostak, A. (2003). Zasoby odpadów drzewnych w Polsce. *Czysta Energia*, 6, 122-125. [Ratajczak, W., & Szostak, A. (2003). Resources of wood waste in Poland. *Clean Energy*, 6, 122-125. Retrieved from <https://www.drewno.pl/artykuly/1399,zasoby-odpadow-drzewnych-w-polsce.html>] (in Polish)

- Reike, D., Vermeulen, W.J.V., & Witjes, S. (2018). The circular economy: New or Refurbished as CE 3.0? — Exploring Controversies in the Conceptualization of the Circular Economy through a Focus on History and Resource Value Retention Options. *Resources, Conservation and Recycling*, 135, 246-264. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.08.027>
- Suominen, T., Kunttu, J., Jasinevičius, G., Tuomasjukka, D., & Lindner, M. (2017). Trade-offs in sustainability impacts of introducing cascade use of wood. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 32(7), 588-597. <https://doi.org/10.1080/02827581.2017.1342859>
- Titus, B.D., Brown, K., Helmisaari, H.S., Vanguelova, E., Stupak, I., Evans, A. ... Reece, P. (2021). Sustainable forest biomass: a review of current residue harvesting guidelines. *Energy, Sustainability and Society*, 11(10). <https://doi.org/10.1186/s13705-021-00281-w>
- Tuomasjukka, D., Athanassiadis, D., & Vis, M. (2017). Threefold sustainability impact assessment method comparison for renewable energy value chains, *International Journal of Forest Engineering*, 28(2), 116-122. <https://doi.org/10.1080/14942119.2017.1318549>
- Werner, F., Taverna, R., Hofer, P., Thürig, E., & Kaufmann, E. (2010). National and global greenhouse gas dynamics of different forest management and wood use scenarios: a model-based assessment. *Environmental Science & Policy*, 13(1), 72-85. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2009.10.004>

### Construction of the mathematical model of the strength of post-consumer wood made blockboard of different designs

S. Gayda<sup>1</sup>, L. Medvid<sup>2</sup>

It is substantiated that any wood resources should be used rationally and comprehensively, in particular this applies to wood residues from various stages of primary wood processing – from logging to the creation of finished products. Secondly, according to the principles of the circular economy, the issue of processing post-consumer wood (PCW) as an additional resource of wood, which has already lost its consumer characteristics in products, and which, with proper processing, minimizes the negative impact

on the environment, has become more relevant than ever. Thirdly, this partially solves the problems related to the increase of wood residues and waste, the accumulation of used wood in landfills, as well as environmental problems. A batch of pine PCW-made blockboards was prepared by implementing a second-order B-plan, where the variables were the width of the strips of tangential and radial sawing. The strength limit during static bending for pine PCW-made blockboard was determined experimentally and an adequate mathematical (regression) model was constructed depending on the alternate laying of radial ( $B_{rad}$ ) and tangential ( $B_{tan}$ ) strips with widths of 32, 52 and 72 mm. It was found that the width of the strips in blockboard structures with 22 mm thick PCW significantly affects the strength characteristics of the blockboard cores. It was found that an increase in width from 32 to 72 mm during the determination of the strength limit in static bending leads to a decrease in the indicator for radial strips by 13.29-16.70%, and for tangential strips by 24.83-27.79%. It was established that the strength limit during static bending of all pine PCW-made blockboards, regardless of their design, meets the regulatory requirements. According to the results of experimental studies, it was established that the maximum value of the strength limit during static bending  $\sigma_u = 39.199$  MPa can be obtained by fixing the dimensions of the widths of the strips of pine PCW-made blockboard of combined laying at the level:  $B_{rad}(x_1) = 32$  mm,  $B_{tan}(x_2) = 32$  mm. Based on practical experience, it is recommended to use post-consumer wood (PCW) for the production of blockboards with a cross-section of strips in a ratio of no more than 1:5 in the case of combined radial and tangential laying, and in case of random laying – in a ratio of no more than 1:3. Practical recommendations for the production of PCW-made blockboard have been developed: moisture content of strips –  $8 \pm 2\%$ ; for rails: the width should be 3-5 times the thickness; arrangement of strips – radial or at an angle of more than  $45^\circ$ ; facing – 3 mm thick plywood; consumption of glue for the blockboard core – 200-250 g/m<sup>2</sup>; glue consumption for the blockboard facing – 150-200 g/m<sup>2</sup>; the temperature of the clamp for the blockboard core is 85-90 °C; the temperature of the press for PCW-made blockboard – 115-125 °C; the exposure time under pressure for the blockboard core is 30-40 minutes; holding time under pressure for PCW-made blockboard – 4-6 minutes; pressure for blockboard core – 0.5-1.0 MPa; for PCW-made blockboard – 1.2-1.3 MPa. Sorted and sawn to the appropriate cross-sectional dimensions, strips made from PCW of various species can be used to manufacture glued panel elements, in particular, blockboards and furniture panels. Therefore, the development of practical recommendations is certainly the basis for the rapid introduction of PCW into production processes.

**Key words:** regression model, static bending strength, bonding strength, technology, glued structures, furniture panel, recycling, Scots pine (*Pinus sylvestris* L.), circular economy.

<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.: 032-258-31-75. E-mail: serhiy.hayda@nltu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7468-5661>

<sup>2</sup> Lyubomyr Medvid – Postgraduate student at the Department of Furniture Production Techniques and Wood Products Technology. Ukrainian National Forestry University. 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: 032-258-31-75. E-mail: lyubomyr.medvid@nltu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-6654-9348>

## ДО УВАГИ АВТОРІВ

У «Наукових працях Лісівничої академії наук України» публікуються оригінальні наукові статті та наукові огляди з теоретичних і прикладних питань лісового та садово-паркового господарства, біології, екології та природно-заповідної справи, економіки природокористування і менеджменту, лісової інженерії, ресурсоощадних та екологобезпечних технологій деревообробки, машин і механізмів лісгосподарського комплексу, інформаційних технологій галузі.

Редакція приймає до опублікування статті обсягом 15-25 сторінок машинописного тексту, надрукованого через 1,5 інтервала. Формат документа – А4, формат файлу – \*.docx (MS Word 2010, 2013). Поля – 2 см по периметру. В редакцію подається електронний варіант статті.

Текст наукової (експериментальної) статті подається за такою структурою: вступ; об'єкти та методика дослідження; результати; дискусія; висновки; подяка (за потреби); список літератури.

Оглядова стаття може мати різну кількість структурних підрозділів із довільними назвами, але вказані пункти є обов'язковими: вступ; висновки; список літератури. В обох випадках інформація про авторів подається двома мовами – українською та англійською.

У статті повинні бути чітко сформульовані актуальність теми, мета роботи, об'єкт і предмет дослідження.

До друку приймаються статті українською та англійською мовами. До кожної статті подаються анотації двома мовами.

У виносці подають відомості про всіх авторів, в якій вказують членство в Академії (за наявності), науковий ступінь і наукове звання, місце роботи, робочу адресу, електронну адресу та відкритий ідентифікатор наукового дослідника ORCID.

Обсяг анотації українською мовою – 22-25 рядків або 1400-1600 знаків. Обсяг анотації англійською мовою повинен становити не менше 40 рядків або 2600 знаків. Ключові слова в обсяг анотації не входять.

Для статей, написаних англійською мовою, потрібно додати розширену анотацію українською мовою – 40-45 рядків. Обсяг анотації англійською мовою становить 22-25 рядків (без ключових слів).

В анотаціях максимально повно в межах зазначеного обсягу повинні бути відображені основні результати досліджень. Потрібно уникати загальних

виразів («У статті наведено результати...», «Обґрунтовано висновки...», «Наведено дані щодо...» і т.п.). Анотації повинні бути написані чітко, зрозуміло і лаконічно.

Ключові слова/словосполучення (10-12 шт.) не повинні дублювати заголовка статті.

Список літератури повинен вміщати не менше 15 літературних джерел. Бажано наводити посилання на джерела, опубліковані після 2010 року, особливо ті, які мають індекс *doi*. Самоцититування – не більше 15% (два-три джерела). Під час формування списку літературних джерел необхідно користуватись вимогами APA 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 англомовну частину публікації. Статтю читатиме міжнародна аудиторія науковців, тому текст анотації повинен бути чітким і зв'язним, а її зміст – зрозумілим без ознайомлення з основним змістом самої статті. У статті потрібно застосовувати фахову термінологію, яку використовують у профільних міжнародних англомовних виданнях.

Текст статті, анотації, назви таблиць, список літератури подаються шрифтом Times New Roman 14. Підписи до рисунків – шрифтом Times New Roman 12, вирівняні по центру. Фотографії та рисунки подають безпосередньо у статті, а також окремим файлом у форматі \*.jpg, чи оформлені 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 вживанням службових частин мови: «в», «у»; «і», «та»; «з», «із», «зі» тощо. Під час формулювання речень потрібно уникати слова «було»: без нього, зазвичай, зміст речення не змінюється. У статті бажано не використовувати скорочення наукових термінів.

Не рекомендовано вживати у тексті пасивний формат: «дослідження здійснювалися», «результати опрацьовувалися» тощо; потрібно – «дослідження здійснено», «результати опрацьовано» і т.д.

Отримані результати досліджень повинні бути опрацьовані математичними методами, що підтверджує їхню достовірність. Без такого опрацювання статті до друку не приймаються.

Найважливішою частиною наукової статті є висновки, де наводять підсумки здійсненого дослідження, узагальнення і пропозиції щодо завдань, сформульованих у вступі. Висновки формулюють чітко, лаконічно і зрозуміло, вони повинні виходити із результатів проведених досліджень. У висновках зазначають ступінь досягнення поставленої мети роботи за допомогою використаних методів і методики досліджень. Вдало сформульовані висновки логічно закінчують наукову роботу, роблять її цілісною і завершеною.

Висновки повинні бути короткими і поданими у вигляді тексту без нумерації.

У збірнику праць «Наукові праці Лісівничої академії наук України» не можуть бути опубліковані матеріали, які вже раніше публікувалися в інших наукових збірниках. Редакційна колегія наукового видання залишає за собою право відхиляти статті, які не відповідають вимогам і тематиці збірника.

Наукові статті, що надійшли до редакції, проходять процес рецензування. Форми рецензування статей: внутрішня; зовнішня.

Заступник головного редактора визначає відповідність статті профілю журналу і скеровує її на рецензування фахівцю – доктору чи кандидату наук, який має близьку до теми статті наукову спеціалізацію.

Матеріали рецензують члени редакційної колегії наукового видання та/або сторонні незалежні експерти, виходячи з принципу об'єктивності і з позицій вищих міжнародних академічних стандартів якості. Терміни рецензування в кожному окремому випадку визначаються відповідальним редактором з урахуванням створення умов для максимально оперативної публікації статті.

Наявність позитивної рецензії не є достатньою підставою для публікації статті. Остаточне рішення про доцільність опублікування приймає редакційна колегія.

Після прийняття до друку наукові матеріали проходять процес редагування. Редакція залишає за собою право на стилістичну правку рукопису, літературне редагування та скорочення текстів зі збереженням авторського стилю. З автором узгоджуються правки, які, на думку редакції, можуть не зовсім точно передати зміст тексту.

Відповідальність за достовірність інформації у статтях, точність назв, статистичних даних, прізвищ і цитат несуть автори. Для уникнення некоректних запозичень або використання результатів дослідження третіх осіб автори зобов'язані дотримуватись етики наукового цитування.

У випадках виявлення плагіату відповідальність несуть автори наданих матеріалів.

Після прийняття редколегією рішення про допуск статті до публікації відповідальний секретар інформує про це автора і вказує терміни публікації. Оригінали рецензій зберігаються у редакційній колегії і в редакції наукового журналу. Прийняті до друку наукові матеріали не повертаються та не можуть бути надруковані в інших наукових журналах.

Детальніша інформація для авторів щодо правил подачі статей до збірника «Наукові праці Лісівничої академії наук України», оформлення «Списку літератури», політики відкритого доступу подана на сайті збірника наукових праць: <http://fasu.nltu.edu.ua/index.php/nplanu>

Збірник наукових праць  
**Наукові праці Лісівничої академії наук України**

Випуск 27

2024 р.

Науковий редактор: Ю. М. Дебринюк, проф., д-р с.-г. наук

Редактор англomовних текстів: В. Лентяков

Літературний редактор: А. Павлишин

Фото на обкладинці Ю. М. Дебринюка

---

Підписано до друку 21.10.2024 р. Формат 60×84/8. Папір офсетний.

Друк офсетний. Гарнітура Times New Roman.

Ум. друк. арк. 23,71. Обл.-вид. арк. 22,74.

Наклад 300 прим. Зам. № 3082

**Видавець:** Редакційно-видавничий центр НЛТУ України

79057, м. Львів, вул. Генерала Чупринки, 134/16

Тел.: (032) 240-23-50. E-mail: lan@nltu.edu.ua

**Верстання та друк:** ТЗОВ «Компанія «Манускрипт»»

вул. Руська, 16/3, м. Львів, 79008

Тел.: (032) 235-60-00

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи  
до державного реєстру видавців, виготівників і розповсюджувачів  
видавничої продукції серія ДК № 3628 від 19. 11. 2009 р.

---

Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації  
(Серія КВ, № 24099-13939Р від 31.07.2019 р.)

Згідно з «Переліком наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора наук, кандидата наук та ступеня доктора філософії», **Наукові праці Лісівничої академії наук України** віднесено до категорії «Б» за такими спеціальностями:

**051** – Економіка (включено до Переліку 15.10.2019 р.);

**091** – Біологія (включено до Переліку 28.12.2019 р.);

**187** – Деревообробні та меблеві технології (включено до Переліку 28.12.2019 р.);

**205** – Лісове господарство (включено до Переліку 15.10.2019 р.);

**206** – Садово-паркове господарство (включено до Переліку 15.10.2019 р.).

<https://mon.gov.ua/ua/nauka/nauka/atestaciya-kadriv-vishoyi-kvalifikaciyi/naukovi-fahovi-vidannya>

Збірник «Наукові праці Лісівничої академії наук України» входять до міжнародних наукометричних баз Directory of Open Access Journals, Ulrichsweb, CrossRef, Index Copernicus, Google Scholar, ERIH PLUS

